This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

UC-NRLF
$B 24 784

MEYER

NATURLEHRE
AUSGABE A

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Class

NATURLEHRE

(PHYSIK UND CHEMIE)

FÜR

HÖHERE MÄDCHENSCHULEN, LEHRERINNEN-SEMINARE UND MITTELSCHULEN

VON

K. MEYER,
KAISERL. SEMINARDIREKTOR IN STRASZBURG I. E.

MIT 338 ABBILDUNGEN.

AUSGABE A.

FÜNFTE, VERBESSERTE UND VERMEHRTE AUFLAGE.

PREIS, GEBUNDEN, 3 M.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

LEIPZIG.
G. FREYTAG,
G. M. B. H.

WIEN.
F. TEMPSKY.

1908.

86,82
114

GENERAL

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechtes, vorbehalten.

Druck von Rudolf M. Rohrer in Brünn.

Vorwort.

I. Stoffauswahl.

Seit vielen Jahren als Lehrer der Naturwissenschaften an höheren Mädchenschulen und Lehrerinnenseminaren tätig, habe ich reiche Gelegenheit gehabt, zu erfahren, was Mädchen, die diese Anstalten besuchen, in Physik und Chemie wissen müssen.

Nicht zu viel Stoff, dafür aber klare Einsicht, mannigfaltige Anwendung.

In der Haushaltung, im Verkehrs- und Geschäftsleben bieten sich täglich viele Erscheinungen dar, die das Mädchen richtig auffassen und deuten können muß. Diesen Gebieten muß vorzugsweise der Stoff zur unterrichtlichen Behandlung entnommen werden.

Für die heutzutage so hoch entwickelte Technik haben die Mädchen verhältnismäßig wenig Sinn, und deshalb ist es angezeigt, aus diesem Sachgebiete nur das Notwendigste auszuwählen.

Ganz besonders wichtig für Mädchen sind die Belehrungen über Sieden und Verdunsten, Wärmemessung, Wärmeleitung, die Nähmaschine, die Wage, die Farben, das Wetter, die Heiz- und Beleuchtungsmaterialien, Kerze und Lampe, Auge und Ohr, Photographie.

In der Chemie ist der Stoff auf das geringste Maß beschränkt worden. Aber die Zusammensetzung und Verwendung der in der Haushaltung gebrauchten chemischen Verbindungen, die Erkennungszeichen für die wichtigsten Verfälschungen der Nahrungsmittel, die Zusammensetzung und Bedeutung dieser Nahrungsmittel für die Erhaltung des menschlichen Körpers, die Wirkung und Anwendung der Desinfektionsmittel, die chemischen Hausarbeiten, die Herstellung unserer Kleider, des Leders, des Papiers: das sind Kenntnisse, die heutzutage jedes Mädchen, jede Frau besitzen muß, und deshalb ist auf die Behandlung dieser Punkte ganz besondere Sorgfalt verwendet worden.

II. Anordnung.

Maßgebend für die Anordnung des Stoffes waren die preußischen Ministerialbestimmungen vom 31. Mai 1894. Danach kommt zunächst die Chemie zur Behandlung; darauf folgen: Wärme, Elektrizität, Mechanik, Schall, Licht.

Aus Erfahrung weiß ich, daß es sich sehr empfiehlt, wenn der Lehrer nicht unmittelbar mit der anorganischen Chemie, sondern mit einem kurzen, vorbereitenden Unterricht beginnt, dessen Stoff er aus der Einleitung und den ersten Paragraphen der Wärmelehre entnimmt, damit die Grundbegriffe nach Inhalt und Umfang genau bestimmt werden und ein klares, gegenseitiges Verständnis zwischen Lehrer und Schüler erzielt wird.

Das Inhaltsverzeichnis orientiert leicht im einzelnen über die Anordnung des Stoffes.

Dem Fachlehrer wird es nicht schwer fallen, die Abschnitte genau zu bestimmen, die er speziell dem Lehrerinnenseminar vorbehalten will.

218448

III. Behandlung.

Es ist wohl heutzutage nicht mehr nötig zu betonen, daß die Einsicht in die Naturerscheinung und die Kenntnis der Gesetze nur auf Grund der Anschauung gewonnen wird. In Frage steht nur, wie diese Anschauung zu vermitteln ist. Wo es möglich gewesen ist, bin ich nicht vom Experiment, als von etwas künstlich Gemachtem, willkürlich Gewolltem und deshalb Fremden ausgegangen, sondern von der Erfahrung. Die Notwendigkeit des Experimentes ergibt sich dann ganz von selbst zur näheren Untersuchung und Zerlegung der durch die Erfahrung gewonnenen Gesamterscheinung.

Ich habe darauf Bedacht genommen, Wärme, Elektrizität, Schall, Licht als **Energieformen** erkennen zu lassen und deshalb in der Lehre von der Elektrizität versucht, auf elementare Weise die Maße, die überall gang und gäbe sind, einzuführen.

Der Magnetismus wird nicht mehr in einem besonderen Abschnitt behandelt, sondern als besondere Erscheinungsform der Elektrizität aufgefaßt.

Ein wesentliches Moment zur Weckung des Interesses für die Naturlehre sind die geschichtlichen Belehrungen. Die Schülerin erlebt dadurch das Werden und die Entwicklung eines neuen schöpferischen Gedankens, eines oft so komplizierten Apparates; sie sieht, wie unsere großen Naturforscher nach Vervollkommnung ihrer Erfindungen gerungen und gestrebt haben, und sie nimmt lebendigen Anteil am Unterricht.

Die Versuche sind so ausgewählt, daß sie mit den einfachsten Apparaten, oft mit Haushaltungsgegenständen ausgeführt und von **den Schülerinnen eigenhändig wiederholt** werden können.

In den wesentlichen Punkten stimmen die Grundsätze über Auswahl, Anordnung und Behandlung des Stoffes der Naturlehre für Knabenmittelschulen und höhere Mädchenschulen überein und deshalb glaube ich, daß das Buch mit Vorteil auch in jenen Schulen gebraucht werden kann.

Straßburg im Elsaß, im Mai 1901.

K. Meyer.

Vorwort zur fünften Auflage.

In seiner neuen Auflage hat das Buch manche im Laufe der Zeit notwendig gewordene Erweiterung erfahren, so daß die Zahl der Paragraphe auf 121 und die der Abbildungen auf 338 gestiegen ist. Dem mir von mancher Seite ausgedrückten Wunsch, den Stoff noch mehr zu erweitern, konnte ich vorläufig nicht entsprechen. Neben dem Wissen ist in der Naturlehre ganz besonders das Können zu pflegen; deshalb sollten in den Schulen, für die dieses Buch bestimmt ist, Schülerübungen eingeführt werden, für die das Buch reiche Anregung und mannigfaltige Anleitung gibt. Der Gewinn wird ein größerer sein, als wenn noch mehr Stoff in den Unterrichtsstunden durchgearbeitet wird.

Straßburg im Elsaß, im Mai 1908.

K. Meyer.

Inhaltsverzeichnis.

Physik.

I. Einleitung. Seite

§ 1. Körperzustände und Zusammenhangskraft . . . 7
§ 2. Die Raumausfüllung . . 8
§ 3. Schwere und Gewicht . 9
§ 4. Aufgabe der Physik . . 11

II. Die Wärme.

§ 5. Die Sonne als Wärmequelle 12
§ 6. Die Temperatur 13
§ 7. Das Thermometer . . . 14
§ 8. Andere Wärmequellen . . 15
§ 9. Die Wärmeleitung . . . 16
§ 10. Die Wärmestrahlung . . 18
§ 11. Die Ausdehnung durch die Wärme 20
§ 12. Das Gefrieren des Wassers 24
§ 13. Die Verdunstung . . . 26
§ 14. Das Sieden 28
§ 15. Die Verdichtung des Dampfes 29
§ 16. Das Schmelzen 31

III. Elektrizität.

§ 17. Das Gewitter und die elektrischen Grunderscheinungen 31
§ 18. Die elektrische Verteilung (Influenz) 34
§ 19. Elektrische Grundbegriffe — Geschichtliches . . . 37
§ 20. Der Blitz und der Blitzableiter 38
§ 21. Der elektrische Strom . 40
§ 22. Die elektrische Beleuchtung 43
§ 23. Der Magnetismus . . . 48
§ 24. Die Haustelegraphie . . 52
§ 25. Der Telegraph 53
§ 26. Die elektrische Induktion 56
§ 27. Die Funkentelegraphie . 60
§ 28. Die Magnetinduktion . . 63
§ 29. Die elektrischen Maschinen 64
§ 30. Die chemischen Wirkungen des Stromes 69
§ 31. Elektrische Maße . . . 71

IV. Mechanik.

§ 32. Ruhe und Bewegung . . 73
§ 33. Das Beharrungsvermögen 74

Seite

§ 34. Die Reibung 74
§ 35. Die Elastizität 76
§ 36. Der Schwerpunkt . . . 76
§ 37. Der Fall 78
§ 38. Die Schwungkraft . . . 79

A. Mechanik der festen Körper.

§ 39. Der Hebel 80
§ 40. Die Rolle 84
§ 41. Die schiefe Ebene . . . 85
§ 42. Die Maschinen 86

B. Mechanik der flüssigen Körper.

§ 43. Stehendes und fließendes Wasser 90
§ 44. Der allseitige Druck . . 93
§ 45. Der Auftrieb 96
§ 46. Schwimmen, Schweben, Sinken 99
§ 47. Verbundene Gefäße und Kapillarität 100

C. Mechanik der Gase.

§ 48. Der Druck der Luft . . 102
§ 49. Die Messung des Luftdruckes 104
§ 50. Das Barometer 105
§ 51. Der Heber 107
§ 52. Die Pumpen 108
§ 53. Der Luftballon 110
§ 54. Die Spannkraft der luftförmigen Körper . . . 110
§ 55. Luftdruck und Siedepunkt 112
§ 56. Die Dampfmaschine . . 113

V. Der Schall.

§ 57. Entstehung und Fortpflanzung 117
§ 58. Das Ohr 120
§ 59. Die Zurückwerfung des Schalles 122
§ 60. Musikinstrumente . . . 123
§ 61. Der Phonograph 127
§ 62. Das Telephon 128

VI. Das Licht.

§ 63. Die Sonne als Lichtquelle 130

Seite

§ 64. Die Ausbreitung des Lichtes 130
§ 65. Die Zurückwerfung des Lichtes 132
§ 66. Der ebene Spiegel . . . 133
§ 67. Gewölbte Spiegel . . . 134
§ 68. Die Brechung des Lichtes 137
§ 69. Die Brechung des Lichtes durch Linsen 139
§ 70. Die Dunkelkammer . . 142

Seite

§ 71. Das Auge 142
§ 72. Optische Instrumente . . 146
§ 73. Die Zerlegung des Lichtes 148

VII. Das Wetter.

§ 74. Der Wind 151
§ 75. Der Wasserdampf in der Luft 154
§ 76. Wetterbeobachtung . . 157

Chemie.

I. Die wichtigsten festen Elemente.

§ 77. Die gebräuchlichsten Metalle 158
§ 78. Der Schwefel 161
§ 79. Mischung und chemische Verbindung 162
§ 80. Die seltenen Metalle . . 163

II. Die Luft.

§ 1. Veränderung der Metalle an der Luft 164
§ 82. Zusammensetzung der Luft 166
§ 83. Sauerstoff und Stickstoff 167

III. Das Wasser.

§ 84. Lösliche und unlösliche Stoffe 169
§ 85. Die Bestandteile des Wassers 170

IV. Der Kohlenstoff.

§ 86. Der reine Kohlenstoff . 171
§ 87. Die Kohle 173

V. Die Verbrennung.

§ 88. Langsame und rasche Verbrennung; Phosphor . . 177
§ 89. Die Oxydation des Schwefels 179
§ 90. Die Verbrennung (Oxydation) des Kohlenstoffes 180

VI. Die Beleuchtung.

§ 91. Das Leuchtgas 182
§ 92. Das Erdöl 186
§ 93. Die Kerze 187
§ 94. Die Lampe 189

VII. Die Verwesung.

§ 95. Fäulnis und Vermoderung; die Desinfektion . 191

VIII. Die wichtigsten Salze.

§ 96. Das Kochsalz, Chlor und Salzsäure 194
§ 97. Pottasche und Salpeter . 197
§ 98. Soda 198
§ 99. Säuren, Salze, Basen . . 199
§ 100. Der Kalkstein und der Gips 202
§ 101. Eisen- und Kupfervitriol 206
§ 102. Höllenstein und Photographie 208
§ 103. Kieselsäure und kieselsaure Salze 211
§ 104. Die wichtigsten Gesteine 213
§ 105. Glas und Tonwaren . . 216

IX. Die Reduktion (Zerlegung) der chemischen Verbindungen.

§ 106. Reduktion der Oxyde . 218
§ 107. Reduktion der Sulfide 221
§ 108. Die Reduktion durch den elektrischen Strom . 221

X. Die wichtigsten Metalle. Übersicht und Ergänzung.

§ 109. Kalium und Natrium . 223
§ 110. Kalzium 226
§ 111. Magnesium 228
§ 112. Aluminium 228
§ 113. Eisen 231
§ 114. Die Gewinnung und Verarbeitung des Eisens . 232
§ 115. Die wichtigsten Eisenverbindungen 238
§ 116. Blei 239
§ 117. Das Kupfer 240

XI. Organische Verbindungen.

§ 118. In der Küche 241
§ 119. Im Keller 249
§ 120. In der Waschküche . . 252
§ 121. Die Kleidung 253

Physik.

I. Einleitung.

§ 1. Körperzustände und Zusammenhangskraft.

a) Tiere, Pflanzen, Mineralien, ebenso alle Dinge, die durch die Kunst oder das Gewerbe hervorgebracht werden, sind **Körper**, weil wir sie mit unsern Sinnen wahrnehmen. Es gibt Körper, die auf mehrere Sinnesorgane gleichzeitig einwirken. Ein Stück Zucker kann man sehen, tasten und schmecken. — Versuchen wir ein Stück Eisen, einen Ziegelstein, ein Holzstück zu teilen, so setzen diese Körper der Teilung einen Widerstand entgegen. — Das Pulver, das wir beim Zerschlagen und Zerreiben eines Kreidestückes erhalten, besteht aus feinen Körnchen, und diese bilden eine lockere Masse. Drückt man dieses Pulver in ein Röhrchen, so bildet es wieder eine zusammenhängende Masse. — Die Ursache des Zusammenhanges der kleinen Teilchen, aus welchen ein Körper besteht, ist eine **Kraft**; sie heißt **Zusammenhangskraft** oder **Kohäsion.**

Untersuche bekannte Körper auf ihre Zusammenhangskraft!

Körper, die der Teilung einen merklichen Widerstand entgegensetzen, heißen **feste Körper.**

Gib feste Körper an!

Jeder Körper nimmt einen **Raum** ein. Man kann drei Ausdehnungen eines Ziegelsteines messen und seinen Rauminhalt berechnen. — Ein hölzernes Kubikdezimeter paßt genau in ein würfelförmiges blechernes Gefäß, dessen Hohlraum 1 Dezimeter lang, breit und hoch ist, nicht aber in ein zylindrisches Litermaß. **Jeder feste Körper hat demnach einen bestimmten Rauminhalt und eine bestimmte Gestalt.**

b) Das Wasser ist ebenfalls ein Körper, denn wir können es fühlen, schmecken, sehen. Fährt man mit der Schneide eines Messers, mit dem Finger, mit der Kante eines Brettchens durch das Wasser, so fühlt man keinen merklichen Widerstand. Solche Körper nennt man **flüssige Körper.** — Die flüssigen Körper besitzen eine geringe Zusammenhangskraft, denn wenn man mit der breiten Seite eines Brettchens durch das Wasser fährt, so fühlt man ihre Wirkung. Infolge ihrer Zusammenhangskraft bilden kleine Flüssigkeitsmengen Tropfen.

Mit einem Kubikdezimeter Wasser kann man das Litermaß genau füllen; dieselbe Wassermenge läßt sich aber nie in ein Schoppenmaß umfüllen. **Die Flüssigkeiten haben einen bestimmten Rauminhalt, aber keine bestimmte Gestalt.** Sie nehmen die Gestalt der Gefäße an, in welchen sie enthalten sind.

c) Auch die Luft ist ein Körper. Wir können sie zwar nicht sehen, aber fühlen. Der Wind ist bewegte Luft. Das Leuchtgas können wir riechen, auch fühlen, wenn es aus dem Brenner strömt.

Ein mit Luft gefüllter Gummiball läßt sich zusammenpressen, so daß die eingeschlossene Luft einen kleineren Raum einnimmt als vorher. **Luftförmige Körper (Gase) haben weder bestimmten Rauminhalt noch bestimmte Gestalt.**

Wenn in einem verschlossenen Zimmer nur eine geringe Menge Leuchtgas aus dem Brenner strömt, so riecht man es bald im ganzen Zimmer; das Gas hat sich also im Zimmer verbreitet. **Gase haben keine Zusammenhangskraft.** Die Kraft, vermöge welcher die Teilchen eines Gases sich voneinander entfernen und jeden Raum anzufüllen streben, heißt **Spannkraft** oder **Expansion.**

§ 2. Die Raumausfüllung.

a) Legt man einen Stein in ein bis zum Rande mit Wasser gefülltes Glas, so läuft ein Teil des Wassers über den Rand. Ist das Glas nur zum Teil gefüllt, so steigt die Oberfläche des Wassers beim Eintauchen des Steines. In dem Raume, den der Stein ausfüllt, kann nicht zu gleicher Zeit auch Wasser sein. — Nimmt man statt des Steines Quecksilber, so tritt dieselbe Erscheinung ein. — Bläst man Luft in einen mit Wasser gefüllten und umgekehrt im Wasser stehenden Zylinder, so wird durch jede Blase Wasser verdrängt, bis der Zylinder voll Luft ist. **Jeder Körper nimmt einen Raum ein.**

Fig. 1.

Drücke eine leere Flasche mit nach unten gerichteter Öffnung unter Wasser! Warum dringt kein Wasser ein? Wie muß man es anstellen, um die Luft zu verdrängen? — Warum läßt sich eine Flasche mit fest aufsitzendem Trichter nicht füllen? Drücke einen auf Wasser schwimmenden Kork mit Hülfe eines darüber gestülpten Glasbechers unter den Wasserspiegel. Beobachtung? — Mit Hülfe der Taucherglocke (Fig. 1) können Taucher in die Tiefe hinuntersteigen, um versunkene Gegenstände heraufzuschaffen oder Wasserbauten auszuführen. Der unten offene Kasten aus Eisen hängt an Ketten. Warum dringt kein Wasser ein? Einrichtung um frische Luft zuzuführen.

b) Ein trockener Schwamm wird gewogen und gemessen (Länge und Breite). Legt man ihn in eine Schüssel, die eine nicht zu große Menge Wasser enthält, so wird dieses nicht verdrängt, sondern es dringt nach und nach in den Schwamm ein. Wie ist diese Erscheinung zu erklären? Zwischen den einzelnen Teilchen des Schwammes befinden sich kleine Zwischenräume, **Poren**; in diese dringt das Wasser. — Legt man ein Stück Kreide in Wasser, so sieht man Luftblasen aufsteigen. Erklärung! — Steht ein Glas Wasser einige Zeit an einem warmen Ort, so

setzen sich Luftblasen an die Wand des Glases. Woher kommt diese Luft?

Die Körper sind porös.

Anwendungen: Beizen des Holzes mit Teer oder Farbstoffen. Verpichen der Bierfässer. Teeren der Schiffstaue. Gerben der Tierhäute. — Um Eier aufzubewahren und sie vor Fäulnis zu schützen, verschließt man die Poren der Schale durch Überziehen mit Wasserglas, Paraffin oder durch Einlegen in Kalkmilch. — Öffnet man eine mit Sodawasser (künstlichem Mineralwasser) gefüllte Flasche, so steigt eine große Menge von Blasen auf, die man vor dem Öffnen nicht bemerkte; wo war diese Luftart? — Die mit Kiemen ausgerüsteten Wassertiere brauchen die in den Poren des Wassers enthaltene Luft zum Atmen.

Fig. 2.

c) Sind in dem Wasser unlösliche Stoffe enthalten, welche es trüb erscheinen lassen, so kann man dieselben dadurch ausscheiden, daß man die Flüssigkeit durch einen porösen Körper fließen läßt (**Filtrieren**). Die unlöslichen Stoffe gehen nicht durch die Poren. (Fig. 2.)

Anwendung von Filtrierpapier, Sand, Holz- und Knochenkohle. Filtrieren des Trinkwassers in Ortschaften, welche es einem Fluß oder See entnehmen.

Ein **Trinkwasserfilter** besteht gewöhnlich aus einer großen, dicht zementierten und gedeckten Grube. Auf dem Boden liegt zunächst eine dicke Schicht von großen, kantigen Steinen; dann folgen eine Schicht aus kleineren Steinen, eine solche aus grobem, dann eine aus feinerem Kies und endlich eine dicke Schicht Sand. Das Wasser sickert durch den Sand und lagert dort die Verunreinigungen ab; dann geht es durch die folgenden Schichten, welche den mitgeschwemmten Sand festhalten und gelangt endlich in die Röhren, die sich am Boden des Filters öffnen und es in die Reinwasserbehälter leiten. Wird das Wasser zunächst noch durch einen Kasten geführt, der mit Knochenkohle gefüllt ist, so ist die Reinigung eine noch gründlichere, weil die Knochenkohle alle Farb- und Riechstoffe zurückhält (§ 87).

§ 3. Schwere und Gewicht.

a) Läßt man einen in der Hand gehaltenen Stein los, **so fällt er hinunter**; niemals bewegt er sich nach oben oder nach der Seite. Wird der Stein vermittelst einer Schnur festgehalten, so ist diese Schnur gespannt und bildet eine gerade Linie. Zu gleicher Zeit fühlt man einen Zug oder Druck, der sofort verschwindet, wenn die Schnur durchgeschnitten wird. Der am Fallen verhinderte Körper übt also einen Zug oder Druck aus.

Die **Ursache** dieses Fallens ist eine **Kraft**, die wir uns als Anziehungskraft der Erde denken können; man nennt sie **Schwerkraft**.

Alle Körper stehen unter dem Einflusse dieser Kraft; sie haben alle das Bestreben, sich der Erde zu nähern: **alle Körper sind schwer.**

Erfahrungen beim Turnen an der Leiter, am Reck. — Warum geht es leichter bergab als bergauf? Treppensteigen. — Warum rollt eine Kugel auf einem schiefen Brett nach unten? — Ausgießen von Flüssigkeiten. — Die Lufthülle der Erde ruht auf der Oberfläche der Erde und übt einen Druck auf sie aus (§ 48).

Das **Lot** oder Senkblei besteht aus einem schweren Metallkörper welcher an einer Schnur befestigt ist. (Fig. 3.) Die gespannte Schnur

Fig. 3.

zeigt die **lotrechte** (senkrechte, scheitelrechte, vertikale) Richtung an. Dieselbe Richtung hat jeder frei fallende Körper. Beobachte die Fallrichtung eines Steines, einer Papierkugel, eines Quecksilber- oder Wassertropfens in der Nähe des aufgehängten Lotes!

Wirkung des Windes, eines Stoßes, eines Hindernisses auf fallende Körper.

Mit dem Auge oder der Hand ist der Mensch nicht imstande eine genaue lotrechte Richtung zu erkennen; deshalb vielfache Anwendung des Lotes besonders im Bauhandwerk.

Die **wagerechte** (wasserrechte, horizontale) Richtung bildet mit der lotrechten einen Winkel von 90°. Zur Bestimmung dieser Richtung wendet man die Setzwage oder die Wasserwage an.

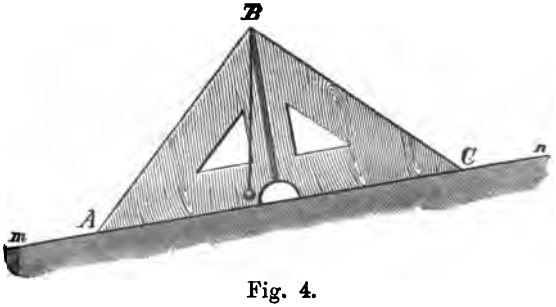


Fig. 4.

Setzwage: Gleichschenkeliges Dreieck aus Holz. (Fig. 4.) Eine Rinne zeigt die Mittellinie an. Lot an der Spitze befestigt. Die Grundlinie hat genau in der Mitte einen halbkreisförmigen Ausschnitt. Unter welcher Bedingung befindet sich die Kugel des Lotes in dem Einschnitt und die Schnur in der Rinne?

Die **Wasserwage** (Libelle) besteht aus einem sanft gebogenen Glasrohr, das fast ganz mit Wasser gefüllt ist. Der übrige Teil enthält Luft, und diese Luftblase ist bestrebt, immer den höchsten Punkt im Rohre einzunehmen. Wo befindet sie sich also, wenn die Röhre genau wagerecht liegt? (Fig. 5.)

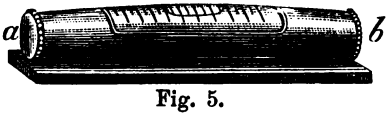


Fig. 5.

b) Jeder Körper übt auf seine Unterlage, die ihn am Fallen verhindert, einen Druck aus. Dieser Druck kann gemessen werden und heißt **Gewicht** des Körpers.

Um das Gewicht zu bestimmen, untersucht man, wievielmal so groß es ist, als das Gewicht eines Kubikzentimeters reinen Wassers. Dieses Gewicht eines Kubikzentimeters Wassers heißt **Gramm.** Zur Bestimmung des Gewichtes eines Körpers braucht man eine Wage und verschiedene Gewichtsstücke, die alle Vielfache oder Teile des Grammes sind.

c) Wiegt man nacheinander zwei Körper von gleichem Rauminhalt, z. B. ein Stück Kreide und ein Stück Holz, so findet man, daß sie nicht dasselbe Gewicht haben.

So wiegt

	Wasser	Gold	Blei	Kupfer	Eisen	Gips	Tannenholz	Kork
1 *ccm*	1 *g*	19,32	11,4	8,9	7,5	2,3	0,5	0,2 *g*
1 *cdm*	1 *kg*	19,32	11,4	8,9	7,5	2,3	0,5	0,2 *kg*

Diese Verschiedenheit im Gewicht von Körpern mit gleichem Rauminhalt rührt daher, daß z. B. in 1 *ccm* Eisen mehr Eisenteilchen sind, als Holzteilchen in 1 *ccm* Holz. Die Stoffmenge oder **Masse** des ersten Körpers ist größer als die des zweiten.

Körper von gleichem Rauminhalte haben nicht gleiches Gewicht. Das Gewicht eines Kubikdezimeters (oder Kubikzentimeters) irgend eines Stoffes, ausgedrückt in Kilogramm (oder Gramm), ist sein **spezifisches Gewicht.**

1. Was heißt, das spezifische Gewicht des Silbers ist 10,5, des Zinnes 7,3, des Marmores 2,8, des frischen Buchenholzes 0,98, des Quecksilbers 13,6, der Milch 1,03, des Petroleums 0,78?

2. Wieviel wiegt ein Balken aus Tannenholz, der 4 *m* lang, 30 *cm* hoch und 20 *cm* breit ist?

3. Eine Blechkanne, welche leer 2 *kg* wiegt, enthält 7 Liter Petroleum; wieviel wiegt das volle Gefäß?

4. Auf der einen Wageschale steht ein Gefäß, das 3 Liter Wasser enthält, auf der andern ein gleichschweres Gefäß mit 3 Liter Öl von 0,92 spez. Gew.; wieviel Gewicht muß auf diese zweite Schale gelegt werden, um das Gleichgewicht herzustellen?

d) Holz steigt im Wasser in die Höhe: sein spezifisches Gewicht ist geringer als das des Wassers. Eisen sinkt im Wasser und schwimmt auf Quecksilber. Vergleiche diese Körper miteinander hinsichtlich ihres spezifischen Gewichtes!

1 Liter Luft wiegt 1 *g*, während 1 Liter Leuchtgas nur 0,8 *g* wiegt. Mit Leuchtgas gefüllte Seifenblasen steigen in der Luft, während das kleinste Wassertröpfchen sinkt.

Wenn Körper ein geringeres spezifisches Gewicht haben als das Mittel, welches sie umgibt, so steigen sie in demselben in die Höhe; im umgekehrten Falle sinken sie.

Mische Öl und Wasser! Beobachtung! — Mische Öl und Spiritus! Welche Lage nehmen die beiden Flüssigkeiten zueinander ein? — Warum füllt man die Luftballons mit Leuchtgas? — Vergleiche miteinander das Gewicht 1 Liter Wassers und 1 Liter Salzwassers! Lege in beide Flüssigkeiten ein Ei, eine Kartoffel! Beobachtung!

§ 4. Aufgabe der Physik.

Unsere Sinnesorgane empfangen, solange wir wach sind, Eindrücke verschiedener Art. Wir sehen die bunten Blumen, wir hören den Gesang der Vögel, wir riechen den Duft der Rose, wir fühlen die Wärme der Sonne und schmecken den süßen Zucker. Die Sinnesorgane verschaffen uns also die Kenntnis der uns umgebenden Natur. Alle Körper, die wir kennen, bestehen aus kleinsten Teilchen oder **Molekülen.** Bei den festen Körpern kann die Schwere infolge der überwiegenden Kohäsion den Zusammenhang der Moleküle nicht lösen. Der Körper ist flüssig, wenn die Kohäsion der Moleküle durch deren Schwere überwunden wird, so daß der Körper auseinander fließt. Überwiegt die Expansion, so ist der Körper gasförmig; die Moleküle haben das Bestreben, sich immer mehr voneinander zu entfernen. An den Körpern nehmen wir verschiedenartige Änderungen des Zustandes wahr. Ein Stück Eisen fühlt sich gewöhnlich kalt an; es kann aber auch warm, ja glühend und somit selbst im Dunkeln sichtbar werden; es kann auf dem Tische in Ruhe sein oder auf der Tischplatte fortbewegt werden, bis es über den Rand des Tisches hin-

unterfällt. Mit diesen Änderungen des Zustandes ist aber keine Veränderung des Stoffes verbunden: Eisen bleibt Eisen. Ganz anders ist es, wenn man ein Stück Eisen längere Zeit an einem feuchten Orte liegen läßt; das glänzende Metall verwandelt sich in ein rotbraunes Pulver. Hier ist also eine Veränderung des Stoffes vor sich gegangen. — Jede Änderung im Zustande des Körpers ist eine **Naturerscheinung.**

Die Untersuchung der Naturerscheinungen, die ohne Veränderung des Stoffes vor sich gehen, und deren Ursachen ist Gegenstand der **Physik.**

II. Die Wärme.

§ 5. Die Sonne als Wärmequelle.

a) Wärme und Licht sind unbedingt nötig für alles Leben auf Erden; ohne diese beiden Kräfte gehen Pflanzen, Tiere und Menschen zugrunde. In der heißen Zone entfaltet sich ein üppiges Pflanzen- und Tierleben;

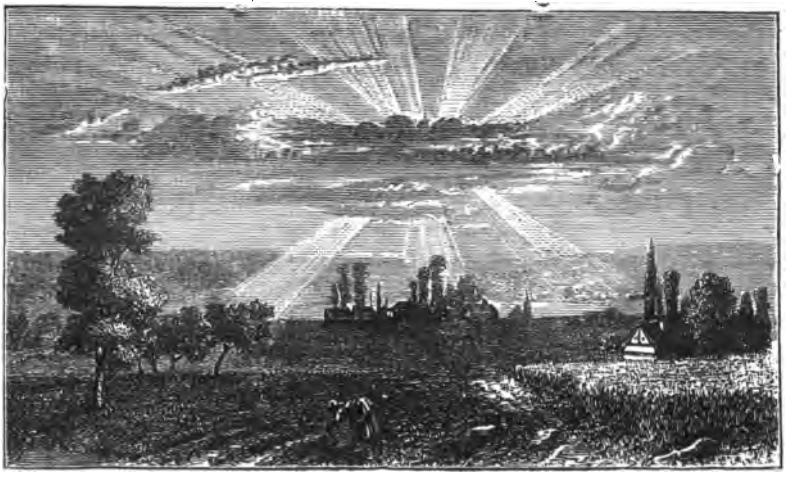


Fig. 6.

in der kalten Zone können nur wenige Tier- und Pflanzenarten ein kümmerliches Dasein fristen. **Die Sonne ist die Hauptquelle der Wärme.**

b) Ist die Sonne hinter einer Wolke verborgen, so sehen wir viele, von geraden Linien begrenzte Lichtstreifen nach allen Seiten ausstrahlen. (Fig. 6.) — Fällt durch eine kleine Öffnung Licht in einen dunkeln Raum, so nehmen wir wieder einen geradlinigen Lichtstreifen wahr. **Die Lichtstrahlen pflanzen sich in geraden Linien nach allen Richtungen fort.**

c) In dem Maße, als sich die Sonne über den Horizont erhebt, wird es wärmer auf der Erde; im Schatten ist es kühl. Mittags und im Sommer ist es wärmer als des Abends und im Winter. Wenn ein Sonnenstrahl durch eine kleine Öffnung in einen dunkeln Raum dringt und man die Hand so hält, daß sie von dem Strahle getroffen wird, so fühlt man die

Wärme; daneben im dunkeln Raume ist es kühler. **Die Lichtstrahlen sind auch Wärmestrahlen.**

d) Fallen die Sonnenstrahlen senkrecht auf die Hand, so ist ihre Wärmewirkung stärker, als wenn sie schräg auffallen. Dieselbe Beobachtung kann man an Bergabhängen und Dachflächen machen, die nach Süden liegen. — Erklärung: Wenn AB (Fig. 7) den Durchschnitt einer Fläche darstellt, die von einem Bündel Sonnenstrahlen rechtwinkelig getroffen wird, so sieht man leicht, daß die Fläche AB' weniger Wärmestrahlen empfängt; noch weniger wird die Fläche AB'' erwärmt. **Senkrecht auffallende Strahlen erzeugen eine größere Erwärmung als schräg auffallende; je schiefer die Strahlen einen Körper treffen, desto weniger erwärmen sie ihn.**

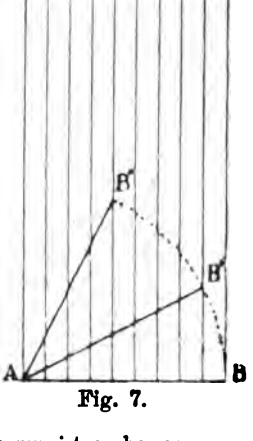


Fig. 7.

Beobachte den Stand der Sonne in den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten! — Warum ist es in der heißen Zone wärmer als in der gemäßigten, und in dieser wärmer als in der kalten Zone? — Zum Anbau der Pflanzen, die große Wärme verlangen (Reben, Obstbäume), wählt man nach Süden liegende Bergabhänge. — Anlage von Gewächshäusern und Bienenständen. — Warum ist es besser, wenn Weinkeller nach Norden liegen?

§ 6. Die Temperatur.

Vermittelst des Tastsinnes können wir im allgemeinen erfahren, ob ein Körper mehr oder minder warm ist; aber eine solche, durch den Tastsinn allein gewonnene Erfahrung ist keine bestimmte und läßt kein sicheres Urteil zu. Ja, unser Tastsinn kann uns sogar betrügen. — Drei Gefäße werden nebeneinander gestellt, von denen das 1. heißes, das 2. laues und das 3. kaltes Wasser enthält. Taucht man nun zu gleicher Zeit die eine Hand in das 1. Gefäß und die andere in das 3. und einige Augenblicke später beide Hände in das mittlere Gefäß, so wird man leicht erfahren, wie uns der Tastsinn als Wärmeprüfer irreleiten kann. Mit einem Instrument, **Thermometer** oder Wärmemesser, läßt sich der **Wärmezustand** oder die **Temperatur** eines Körpers ermitteln.

§ 7. Das Thermometer.

a) Das Thermometer besteht aus einer überall gleich weiten, oben geschlossenen, unten kugelig erweiterten Glasröhre. Der untere Teil ist mit Quecksilber gefüllt, der Rest der Röhre muß luftleer sein. — Wird das Thermometer erwärmt, so steigt das Quecksilber in der Röhre; es sinkt, wenn das Instrument abgekühlt wird. — Um das Thermometer zum Messen verwenden zu können, versieht man es mit einem Maßstab (Skala); dieser muß zwei fest bestimmte Punkte haben. — Stellt man das Thermometer in ein mit Eisstücken oder Schnee gefülltes Gefäß, so sinkt das Quecksilber rasch. Erwärmt man nun das Gefäß (Aufstellen

in einem erwärmten Zimmer), so fängt das Eis an zu schmelzen; das Quecksilber steigt und bleibt auf einem Punkte stehen, bis alles Eis in Wasser verwandelt ist. Dieser Punkt ist der Schmelzpunkt des Eises, kurz **Eispunkt** genannt; er wird mit der Zahl 0 bezeichnet.

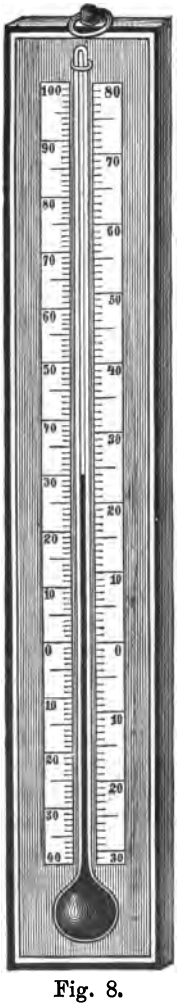


Fig. 8.

Das Gefäß wird weiter erhitzt. Das Quecksilber fängt nun an zu steigen und bleibt erst wieder stehen, wenn das Wasser siedet. Dieser Punkt heißt **Siedepunkt** und erhält die Zahl **100**.

Der Abstand zwischen den beiden Punkten wird in 100 gleiche Teile, **Grade**, geteilt. Die Teilung wird vom Siedepunkt aus noch nach oben fortgesetzt. Die Skala ist meistens auf eine Holzplatte, eine Milchglasplatte oder einen Streifen Papier gezeichnet.

Die Grade über 0 heißen **Wärmegrade**; beim Schreiben setzt man vor die Gradzahl ein +. Wird die Gradeinteilung auch noch unter 0 fortgesetzt, so erhält man **Kältegrade**, die beim Schreiben mit — gekennzeichnet werden.

b) Beim **Ankauf** eines Thermometers ist folgendes zu beachten:

1. Die Röhre muß überall gleich weit sein. 2. Je kleiner der Durchmesser der Röhre im Verhältnis zu dem der Kugel ist, desto rascher zeigt das Thermometer eine Temperaturveränderung an (Empfindlichkeit des Thermometers). 3. Das Quecksilber muß beim Erwärmen ungehindert steigen können (luftleere Röhre). 4. Der Quecksilberfüllung ist der Vorzug vor jeder andern zu geben. 5. Der Quecksilberfaden muß ununterbrochen sein. 6. Die beiden Hauptpunkte der Skala müssen richtig sein. (Prüfen!) 7. Die mit einem Brettchen versehenen Thermometer sind nicht sehr empfindlich. Die feinen Thermometer (Fig. 9) sind von einem Glasmantel umschlossen, welcher die auf eine Glasplatte geätzte Skala enthält.

c) Das Thermometer ist ein unentbehrliches Instrument für jedermann; es sollte in keinem Hause fehlen. Anwendung in Krankenzimmern, Wohnräumen, Badeanstalten, Treibhäusern, Kellereien, Stallungen.

d) **Geschichtliches.** Der Erfinder des Thermometers ist der große italienische Naturforscher Galilei. Das von ihm gegen Ende des 16. Jahrhunderts hergestellte Instrument war ein Luftthermometer. Ein in einer Kugel endigendes offenes Rohr, welches mit der Mündung in einem Gefäß mit Wasser stand, enthielt eine ungefähr bis zur Mitte reichende Wassersäule; dehnte sich die eingeschlossene Luft aus oder zog sie sich zusammen, so mußte das Wasser im Rohre fallen oder steigen. (Fig. 10.) — Fahrenheit aus Danzig erfand das Quecksilberthermometer. Zur Bestimmung des Nullpunktes der Skala nahm er eine Mischung von Eis und Salmiak; die Temperatur dieser Mischung liegt 32° unter unserm Nullpunkt. Den Siedepunkt bezeichnete er mit der Zahl 212, so daß der Abstand zwischen unserm Nullpunkt und dem Siedepunkt

Fig. 9.

in 180° geteilt ist. Fahrenheit wählte eine Salmiak-Eismischung, weil er irrtümlicherweise glaubte, diese Mischung besäße die niedrigste Temperatur, die man erreichen könnte. — Im Anfang des 18. Jahrhunderts kam die Temperatur des schmelzenden Eises zur Bestimmung des Nullpunktes in Anwendung. Réaumur in Paris teilte den Abstand zwischen Eispunkt und Siedepunkt in 80 Grade ein. Celsius aus Upsala bezeichnete den Eispunkt mit 100 und den Siedepunkt mit 0. Später wurde in Schweden die heutige hundertteilige Skala erfunden, die jetzt ausschließlich angewendet wird.

e) Erkläre + 10° C, — 8° C, + 0° C! Merke: + 100° C = + 80 R! Wie verwandelt man C-Grade in R-Grade? — Die Temperatur des gesunden menschlichen Körpers beträgt + 37,5° C. — Fleisch und Milch bleiben länger frisch, wenn sie bis auf 0° abgekühlt werden. — Die Temperatur der geheizten Wohnräume sollte 18° oder 19° C nicht übersteigen. — Temperatur kühler Bäder: 20°—27° C, lauer Bäder: 28°—34° C, warmer Bäder: 35°—40° C. — Eiweiß gerinnt bei + 70° C. — Der Weizen erfordert eine mittlere Sommertemperatur von + 14° C; seine Kultur geht in Rußland bis Petersburg und in Norwegen bis Drontheim, während der Roggen in Rußland bis zum 62.° und in Norwegen bis zum 67.° nördlicher Breite vorkommt. Der Gerste genügt zur Reife eine mittlere Sommertemperatur von + 8°; sie gedeiht im nördlichen Schottland und dringt bis zum Nordkap vor. Die Weinrebe verlangt eine mittlere Sommertemperatur von 20° und eine mittlere Wintertemperatur von + 5° bis 0°.

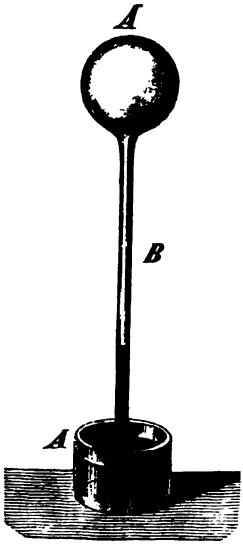


Fig. 10.

§ 8. Andere Wärmequellen.

a) Die Sonne ist die wichtigste Wärmequelle. Wo aber die Sonnenwärme nicht ausreicht, um die für das Leben nötige Temperatur zu erzeugen, sowie zum Kochen des Wassers und unserer Nahrungsmittel, zum Heizen unserer Wohnräume und Maschinen müssen wir die nötige Wärme andern Wärmequellen entnehmen.

Eine zweite und äußerst wichtige Wärmequelle ist die **Verbrennung** (§ 88). — Die wichtigsten Brennstoffe sind Holz, Steinkohlen, Braunkohlen, Torf, Erdöl, Koks, Spiritus, Leuchtgas.

Die Verbrennung erfolgt um so rascher, liefert also um so mehr Wärme, je mehr Luft den Brennstoffen zugeführt wird; daraus erklärt sich die Anwendung von Schornsteinen, Ofenventilen, Gebläsen, Lampenzylindern. — Wie reguliert man das Feuer im Ofen? — Wie facht man Holzkohlenfeuer an? — Warum müssen die Zuglöcher einer Lampe immer sorgfältig geputzt werden?

b) Läßt man sich an einem Seile oder einer Kletterstange rasch heruntergleiten, so werden die Hände warm. — Berührt man die Spitze eines Bohrers, das Blatt einer Säge, den Kopf eines Hammers unmittelbar nach der Arbeit, so fühlt man, daß sie warm geworden sind. **Durch Reiben, Stoßen, Schlagen (mechanische Arbeit) wird Wärme erzeugt.**

Diese Wärme kann manchmal so bedeutend sein, daß die Körper in Glut geraten.

Fig. 11.

c) **Das alte Feuerzeug:** Stahl und Feuerstein; die Funken sind losgerissene, glühende Stahlteilchen. — Nachts sieht man beim Bremsen eines Eisenbahnzuges einen Funkenregen, ebenso beim Schleifen eines Messers am Schleifsteine. — Die durch mechanische Arbeit erzeugte Wärme findet in den meisten Fällen keine Anwendung; man sucht im Gegenteil das Entstehen derselben zu verhindern durch Verringerung der Reibung. Die sich reibenden Teile müssen sehr glatt und gut geölt sein. Nicht genügend geschmierte Radachsen werden glühend. Suche noch andere Beispiele!

Zusammengepreßte Luft wird so heiß, daß leicht brennbare Stoffe (Wattepfropfen mit Schwefelkohlenstoff getränkt) sich entzünden. Pneumatisches Feuerzeug. (Fig. 11.)

Als vierte Wärmequelle tritt auch die **Elektrizität** auf (§ 22).

§ 9. Die Wärmeleitung.

a) Der Mantel eines geheizten Ofens wird nach und nach warm, obwohl das Feuer nur im mittleren oder unteren Teile des Ofens brennt. — Dieselbe Erfahrung machen wir an einem mit Wasser gefüllten Gefäße, welches auf dem Ofen steht, an der Luft, welche das Zimmer erfüllt. **Jeder warme Körper kann einem andern von geringerer Temperatur Wärme mitteilen.**

Eine Stricknadel wird in eine Flamme gehalten. Man fühlt, wie der Draht nach und nach wärmer wird, so daß man ihn schließlich mit der bloßen Hand nicht mehr halten kann. Benutzt man einen längeren Draht, so dauert es länger, bis er in seiner ganzen Ausdehnung warm wird. Der Draht hat also die Wärme der Flamme **fortgeleitet.**

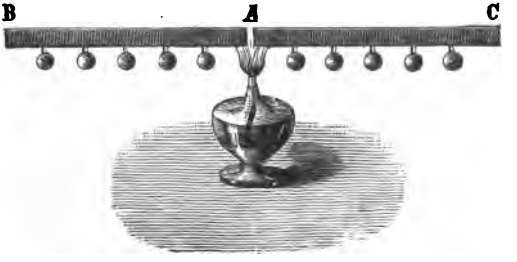


Fig. 12.

b) Einen Kupfer- und einen Eisenstab beklebt man in gleichen Abständen mit Wachskügelchen. Werden nun beide Stäbe zu gleicher Zeit mit derselben Flamme an einem Ende gleichmäßig erhitzt, so fallen die am Kupferstab hängenden Kügelchen früher ab als die, welche am Eisenstab befestigt sind. **Das Vermögen, die Wärme fortzuleiten, ist bei den verschiedenen Körpern nicht gleich.** Kupfer ist ein besserer Wärmeleiter als Eisen.

Ein Schüreisen und ein gleich langer und dicker Holzstab werden mit dem einen Ende in das Feuer gelegt. Nach kurzer Zeit wird das Eisen an diesem Ende glühen, während der Holzstab brennt. Faßt man nun beide Stäbe am andern Ende an, so fühlt man, daß der Eisenstab bedeutend wärmer ist als der Holzstab. Es gibt **gute** und **schlechte Wärmeleiter.**

Alle Metalle sind gute Wärmeleiter. Silber ist der beste Wärmeleiter, dann folgen Kupfer, Gold, Messing, Zinn, Eisen, Platin. — Schlechte Wärmeleiter sind: Holz, Glas, Fett, Stroh, Federn, Pelz, Wolle, Seide, Asche, Schnee, Asbest, Luft. — Die schlechtesten Wärmeleiter sind die luftförmigen Körper. — Körper in Pulverform leiten deswegen die Wärme schlecht, weil sie viel Luft enthalten.

c) Berührt man an einem geheizten Kachelofen zuerst das metallene Türchen (Metallbänder, metallene Verzierungen) und dann in gleicher Höhe die Ofenwand selbst, so macht man die Erfahrung, daß die Metallteile uns weit wärmer erscheinen als die Tonplatten. Ist der Ofen nicht geheizt, so fühlt sich das Türchen kälter an als die Tonplatte. — Ein Bügeleisen und ein Holzstück werden in demselben Ofen eine Zeitlang erhitzt; beide Körper haben alsdann dieselbe Temperatur. Legt man sie nun an einen kalten Ort, so wird nach einiger Zeit das Eisen kalt sein, während das Holzstück noch warm ist.

Die Aufnahme und Abgabe der Wärme erfolgt bei guten Wärmeleitern schnell, bei schlechten aber langsam.

d) Verwendung von Holzgriffen an Kaffee- und Teekannen. — Anfassen heißer Gegenstände mit Tuchlappen. — Wie ist die schützende Wirkung der Vorfenster zu erklären? — Unterschied zwischen Sommer- und Winterkleidung. — Warum tragen die Wüstenbewohner der tropischen Gegenden auch wollene Kleidung? — Erkläre die Wirkung der Kleidung der Bewohner der Polarländer! — Gepolsterte Türen, Teppiche auf dem Fußboden. — Eiserne Öfen und Kachelöfen. — Warum sind tapezierte Zimmer wärmer als andere? — Das geringe Leitungsvermögen des Wassers kann man leicht beweisen, wenn man auf den Grund eines mit Wasser fast ganz gefüllten Probierröhrchens ein mit einem Steinchen beschwertes Eisstückchen legt und das Wasser in der Nähe der Öffnung erwärmt. Das Eisstückchen wird nicht schmelzen. (Fig. 13.) — Eis wird beim Versenden in Stroh oder Sägemehl gepackt. — Eiskeller werden mit Stroh bedeckt. — Temperatur in Strohhütten im Sommer und im Winter. — Temperatur des Bodenraumes unter einem Metalldach. — Wichtigkeit des Schnees für die junge Saat. — Wie schützt man die im Freien oder im Keller aufbewahrten Feldfrüchte vor dem Erfrieren? — Warum werden die Wasserleitungsröhren sehr tief in den Boden gelegt? — Umhüllung von Dampfröhren. — Feuerfeste Geldschränke. — Asbestkleidung. — Feder- und Haarkleid der Tiere im Sommer und Winter, in der heißen und kalten Zone. — Fettschicht der warmblütigen Wassertiere. — Die Knospenschuppen schließen dicht, sind harzig, und die jungen Blättchen sind in ein wolliges Lager gebettet. — Rinde ist ein sehr schlechter Wärmeleiter. — Schutz der Bäume an der Wetterseite.

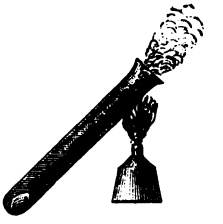


Fig. 13.

e) In kupfernen Gefäßen kocht das Wasser eher als in eisernen. — Mit einem Drahtnetz kann man eine Flamme niederdrücken, ohne daß sie durch die Maschen hindurchschlägt; dieser Fall tritt erst dann ein, wenn das Netz glühend geworden ist. Die große Anzahl der das Netz bildenden Drähte entzieht dem brennenden Gase so viel Wärme, daß es über dem Netze die zum Brennen nötige Temperatur nicht mehr besitzt. Warum schlägt die Flamme durch, wenn das Netz glühend ist? (Fig. 14.) — In den Steinkohlenminen strömen oft brennbare Gase aus der Erde (schlagende

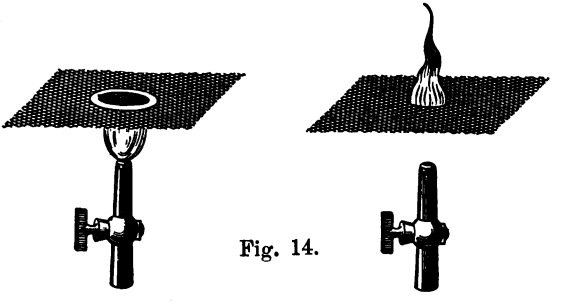


Fig. 14.

Fig. 15.

Wetter), die, mit Luft vermischt und entzündet, furchtbare Explosionen verursachen. Um dennoch eine Beleuchtung der Bergwerke zu ermöglichen, bei welcher das Leben der Bergleute geschützt ist, hat der englische Naturforscher Davy die nach ihm benannte **Sicherheitslampe** hergestellt. (Fig. 15.) Die Flamme einer gewöhnlichen Öllampe ist mit einem Zylinder aus feinem Drahtnetz umgeben. Die schlagenden Wetter treten durch die Maschen hindurch, kommen in Berührung mit der Flamme und explodieren im Innern der Lampe; die Entzündung kann sich aber nach außen nicht fortpflanzen. Warum? — Warum kann man zur Beleuchtung der Bergwerke nicht Lampen nehmen, deren Flamme von einer luftdicht verschlossenen Glashülle umgeben ist?

f) Wenn wir die Temperatur der Körper nach dem Gefühle beurteilen, so können wir Täuschungen ausgesetzt sein, die auf dem verschiedenen Leitungsvermögen der Körper beruhen. Ein guter Wärmeleiter erscheint uns wärmer als ein schlechter, wenn beide dieselbe hohe Temperatur haben. (Höher als 37,5°. Warum?) Haben beide eine gleiche Temperatur, die unter 37,5° liegt, so erscheint uns der gute Wärmeleiter kälter als der schlechte. Warum? Suche hierher gehörige Beispiele!

§ 10. Die Wärmestrahlung.

a) Die Lichtstrahlen der Sonne, glühender Körper, der Flammen brennender Gase sind, wie schon bekannt, auch Wärmestrahlen. Solche Wärmestrahlen senden aber nicht nur die leuchtenden, sondern auch die dunkeln warmen Körper aus.

Stehen wir in unmittelbarer Nähe eines stark geheizten Ofens, so fühlen wir besonders im Gesicht und an den Händen die starke Wärme. Halten wir rasch einen Schirm vor das Gesicht, so verschwindet ebenso rasch dieses Wärmegefühl. Wäre die Luft in diesem Falle der Wärmeleiter gewesen, so würden wir, da die uns umgebende Luft durch den Schirm nicht abgekühlt wurde, die stechende Wärme im Gesicht weiter gefühlt haben. Der warme Ofen sendet unsichtbare **Wärmestrahlen** aus.

Die Wärmestrahlen breiten sich wie die Lichtstrahlen **nach allen Seiten geradlinig aus**; denn schlügen sie gekrümmte Bahnen ein, so könnten sie nicht durch einen kleinen Schirm abgehalten werden.

b) Es ist nun zu untersuchen, ob die Beschaffenheit der **Oberfläche** der dunkeln Körper, welche Wärme ausstrahlen, Einfluß auf das **Ausstrahlungsvermögen** hat.

Die Erfahrung lehrt, daß ein glasierter Kachelofen die Wärme langsamer ausstrahlt als ein eiserner Ofen, wenn auch beide gleich stark geheizt sind. — Ein blankes und ein berußtes Metallgefäß (Kakaobüchsen) werden mit heißem Wasser gefüllt. Senkt man zwei Thermometer hinein, so wird dasjenige im berußten Gefäße schneller sinken als das andere; das berußte Gefäß strahlt also seine Wärme schneller aus als das blanke. (Fig. 16.) — Hängt man die Thermometer in unmittelbarer Nähe der Gefäße auf, so wird dasjenige vor dem berußten Gefäße schneller steigen als das andere. **Körper mit dunkler und rauher Oberfläche strahlen die Wärme schneller aus als helle und glatte Körper.** — Der Grund für diese Erscheinung liegt darin, daß die rauhen und dunkeln Körper eine weniger dichte, also eine größere Oberfläche haben als die glatten und hellen Körper. Je größer nun die Oberfläche ist, desto mehr Wärmestrahlen können ausgesandt werden.

Vernickelte eiserne Öfen kommen in ihrer Wirkung den glasierten Kachelöfen am nächsten. — Ist es besser, glasierte oder unglasierte Wärmsteine (Fußwärmer) zu benutzen? — Bleibt der Kaffee länger warm in einer polierten Blechkanne oder in einem bemalten Porzellantopf? — Erkläre die Anwendung des Kaffeewärmers! — Äcker und Wiesen kühlen sich nachts schneller ab als die Straßen und Plätze.

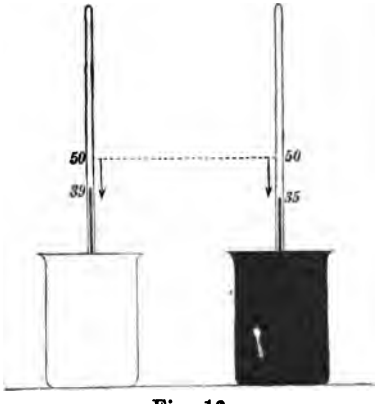


Fig. 16.

c) Die von einer Wärmequelle ausgehenden Strahlen treffen wie die Lichtstrahlen auf Körper mit gar verschiedener Oberfläche. Hat die Beschaffenheit dieser **Oberfläche** auch einen Einfluß auf die **Aufnahme** der Wärme?

Wenn wir im Sommer bei Sonnenschein in schwarzen Kleidern ausgehen, so fühlen wir die Hitze in viel höherem Maße, als wenn wir uns mit hellen Stoffen bekleidet hätten. — Setzt man ein blankes und ein berußtes Thermometer den Sonnenstrahlen aus, so steigt das Quecksilber im berußten Thermometer viel schneller in die Höhe als im blanken. **Körper mit rauher und dunkler Oberfläche nehmen die Wärme schneller auf als solche mit glatter und heller Oberfläche.** Diese letzteren werfen wie Spiegel die Wärmestrahlen zurück.

Schnee schmilzt rasch unter einem schwarzen Tuch, Ruß oder Asche. — Der dunkle Schieferboden am Rhein ist ein guter Weinboden. — Der Obstzüchter läßt die Mauern, an welchen er Spalierobst ziehen will, aus dunklen Steinen aufbauen. — Es liegen Steine oder dürre Baumblätter auf einer Eisfläche bei Sonnenschein; warum befinden sie sich am andern Tage unter der Eisdecke? — Unter dem Einfluß der Sonnenstrahlen erwärmt sich die Erde stärker als das Wasser; warum kühlt sich nachts die Erde schneller ab als das Wasser? — Vor einer weißgestrichenen Wand ist es bei Sonnenschein wärmer als vor einer dunkeln; welche Erfahrung macht man nach Sonnenuntergang? — Warum ist die Nacht bei wolkenlosem Himmel kälter als bei bedecktem? — Reisende erzählen, daß in den tropischen Wüsten und Steppen das Thermometer nachts bis auf 0^0 sinkt. — Im Winter sind Küsten und Inseln wärmer als das Innere des Festlandes; im Sommer ist es umgekehrt. Warum?

d) Die von einer Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlen treffen auf solche Körper, welche diese Strahlen ungehindert durchlassen (durchsichtige Körper), oder auf solche Körper, welche diese Strahlen verschlucken oder zurückwerfen (undurchsichtige Körper). Hinter den undurchsichtigen Körpern entsteht bekanntlich ein Schatten. Hinsichtlich der **Durchlässigkeit der Wärmestrahlen** zeigen die Körper ebenfalls große Verschiedenheit.

Hinter einem geschlossenen Fenster, durch welches Sonnenstrahlen fallen, fühlt man die von der **Sonne** ausgestrahlte Wärme. Die von einem **Ofen** ausgehenden Wärmestrahlen hingegen werden von den Fensterscheiben nicht durchgelassen; denn sonst wäre es ja unmöglich, ein Zimmer zu heizen. — Die Wärmestrahlen einer Petroleumflamme treten durch den Glaszylinder hindurch, denn man kann ihre Wirkung fühlen. Steht man aber in unmittelbarer Nähe eines sehr heißen Ofens und hält man vor das Gesicht eine Glasplatte, so fühlt man die Wirkung der von dem Ofen

ausgestrahlten dunkeln Wärmestrahlen nicht mehr. — **Glas ist für leuchtende Wärmestrahlen durchlässig, für dunkle hingegen nicht.**

Ein ähnliches Verhalten leuchtenden und dunkeln Wärmestrahlen gegenüber zeigt auch die Luft, nur mit dem Unterschied, daß die Luft durch die hindurchgehenden leuchtenden Wärmestrahlen fast nicht erwärmt wird. Die Sonnenstrahlen treffen auf die Erde, und diese nimmt die Wärme vermöge ihrer rauhen Oberfläche verhältnismäßig leicht auf. Die erwärmte Erde strahlt nun die empfangene Wärme fortwährend aus, und diese dunkeln Strahlen sind es, welche die Luft über der Erde erwärmen. Infolgedessen muß die Temperatur der Luft sinken, je mehr wir uns über die Erdoberfläche erheben.

Tritt aus einem von der Sommersonne grell beschienenen Platz in den dunkeln Schatten eines dichtbelaubten Baumes oder eines hohen Gebäudes! Welche Erfahrung hinsichtlich der Temperatur macht man da? — Lufttemperatur auf hohen Bergen. Warum sind die Gipfel der Alpen mit ewigem Schnee bedeckt? Auf hohen Bergen umweht uns eisig kalte Luft, während die ungeschützte Haut des Gesichtes und der Hände von den Sonnenstrahlen versengt wird. Erklärung! — Höhenluftkurorte. — Welche Erfahrung in bezug auf die Temperatur machen die Luftschiffer, wenn sie sehr hoch steigen? — Der Pflanzenwuchs nimmt nicht nur nach Norden, sondern auch nach oben hin ab. — Die Blumen der Alpen sind alle kurzstielig; die Bäume senken ihre Äste nach der Erde; in der Nähe der Schneegrenze schmiegt sich auch der Stamm der Erde an. Erklärung! — Ein Wärmeschirm kann aus Glas verfertigt sein. — Durch die Glimmerplatten eines Füllofens dringt die Wärme der glühenden Kohlen. — Warum werden die Gewächshäuser aus Glas hergestellt? Eindringen leuchtender Wärmestrahlen, Umwandlung derselben in dunkle durch den Boden, Verhalten der Glasscheiben diesen gegenüber. — Temperatur unter einem Glasdach. — Frühbeete werden mit Glasscheiben bedeckt. Warum nimmt man zur Herstellung dieser Beete möglichst dunkle Erde? — Zarte Pflanzen werden mit Glastöpfen zugedeckt.

§ 11. Die Ausdehnung durch die Wärme.

a) Im Thermometer steigt das Quecksilber bei zunehmender Wärme; es sinkt, wenn die Temperatur erniedrigt wird. Im ersten Falle nimmt das Quecksilber einen größeren, im zweiten einen kleineren Raum ein. Durch die Wärme wird also das Quecksilber ausgedehnt, durch Abkühlung zieht es sich zusammen. Dieselbe Erscheinung zeigen alle Flüssigkeiten.

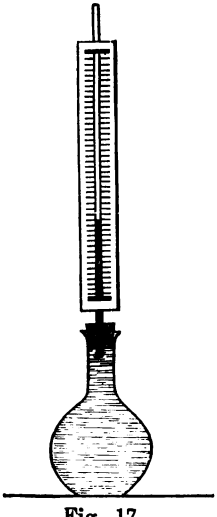


Fig. 17.

Wird eine Kochflasche mit Wasser gefüllt und mit einem Kork verschlossen, durch dessen Durchbohrung eine enge Glasröhre führt (Fig. 17), so dringt Wasser in die Röhre. Warum? Der Stand des Wasserspiegels wird nun genau bestimmt. Erwärmt man die Flasche, so steigt das Wasser in der Röhre. **Die Wärme dehnt die Flüssigkeiten aus.**

Statt der Quecksilberthermometer wendet man auch häufig solche an, die mit gefärbtem Spiritus gefüllt sind; der Quecksilberfüllung ist aber der Vorzug zu geben, weil sich diese Flüssigkeit am regelmäßigsten ausdehnt. — Beobachte in der Küche einen ganz mit Wasser gefüllten Kochtopf, wenn er erhitzt wird! — Suche andere Beispiele!

b) Eine noch stärkere Ausdehnung zeigen die

Gase. Dicht verschlossene Schweinsblasen, Kollodiumballons blähen sich in der Nähe des warmen Ofens stark auf.

Folgende Versuche zeigen, wie die Luft schon durch geringe Wärme stark ausgedehnt wird. Stellt man eine Retorte (langhalsiges Glasgefäß) mit der Mündung in kaltes Wasser und erwärmt man das Gefäß mit der Hand oder stärker mit einer kleinen Flamme, so entweicht die Luft in Blasen, welche durch das Wasser steigen. (Fig. 18.) Erklärung! Eine Kochflasche, welche eine geringe Menge Wasser enthält, ist mit einem Kork verschlossen, durch dessen Durchbohrung eine lange Glasröhre führt, die bis in das Wasser reicht. Erwärmt man die Flasche mit der Hand, so steigt die Flüssigkeit schnell in die Höhe. Erkläre den Vorgang! **Die Wärme dehnt die luftförmigen Körper aus.**

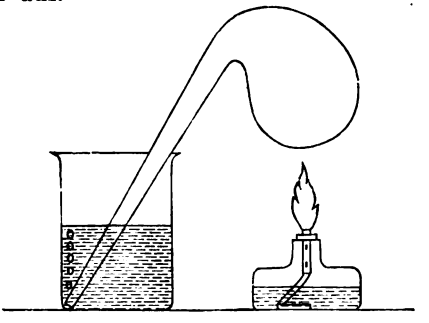


Fig. 18.

c) Weit geringer als luftförmige und flüssige Körper dehnen sich die festen Körper aus. Zum Beweis ihrer Ausdehnung durch die Wärme wird eine Messingkugel, welche kalt durch einen Ring geht, stark erwärmt; sie bleibt jetzt auf dem Ring liegen, weil sie einen größeren Raum einnimmt als vorher. (Fig. 19.) **Die Wärme dehnt alle Körper aus.**

Fig. 19.

Wie verfährt der Schmied, wenn er einen Reifen um ein Rad legen will? — Die einzelnen Platten eines Metalldaches dürfen nicht an allen 4 Seiten angenagelt werden. — Warum zerspringt ein Glas, wenn es auf einen heißen Ofen gestellt wird? — Von brennendem feuchten Holze springen unter Knistern glühende Teile ab. — Bei genauer Beobachtung des Versuches in *a* (Fig. 17) sieht man zuerst den Wasserspiegel im Glasrohr ein wenig sinken. Warum? — Eine zugeschraubte, mit Wasser gefüllte Wärmflasche darf nicht in den warmen Ofen gestellt werden. — Eisenbahnschienen stoßen nicht dicht aneinander. — Beobachte die Spannung der Telegraphendrähte im Sommer und im Winter! — Zwischen den Ringen der Herdplatte ist ein kleiner Spielraum. — Beim Aufheben der heißen Pfanne bleibt häufig der Herdring an derselben hängen. — Der heiße Lampenzylinder zerspringt, wenn man ihn mit Wasser besprengt. — Versuche das eiserne Ofentürchen zu öffnen, wenn es kalt, wenn es warm ist! — Wie löst man festsitzende gläserne Stöpsel? — Kastanien und Nüsse im Feuer. — Knistern des Kochsalzes, auf glühende Kohlen gestreut. In jedem Kristall ist ein Tröpfchen Flüssigkeit (Mutterlauge) eingeschlossen, das beim Erwärmen verdampft.

Die Raumveränderung, welche die Gesteine bei dem fortwährenden Wechsel

der Temperatur erleiden, ist eine Hauptursache der **Verwitterung.** Bei heißem Sonnenschein werden die Gesteinsteilchen der der Sonne ausgesetzten Flächen stark ausgedehnt; nachts ziehen sie sich wieder zusammen. Hierdurch wird die Zusammenhangskraft nach und nach aufgehoben, eine Lockerung der einzelnen Teilchen ist die Folge, und langsam zerbröckelt das Gestein. (Fig. 20.)

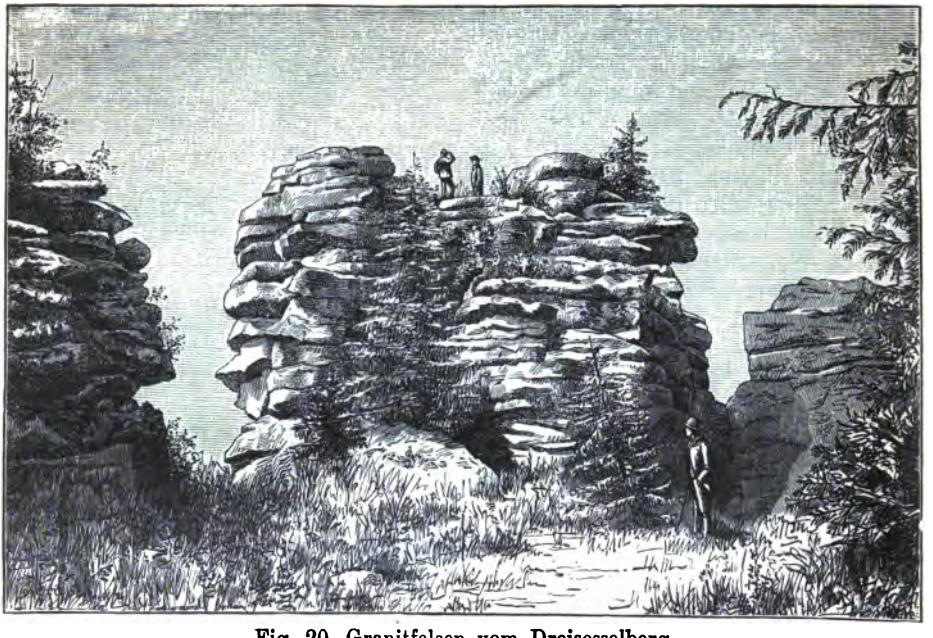


Fig. 20. Granitfelsen vom Dreisesselberg.

d) Wird in einem Gefäß Wasser erhitzt, so zeigen die oberen Wasserschichten eine höhere Temperatur als die unteren. — Erklärung: Infolge der Ausdehnung durch die Wärme nimmt die Dichtigkeit des Wassers, also auch sein spezifisches Gewicht ab. 23 Liter kaltes Wasser geben 24 Liter Wasser von 100°, demnach wiegt 1 Liter siedend heißes Wasser weniger als 1 Liter kaltes Wasser. Warmes Wasser muß also in kaltem in die Höhe steigen. — Erhitzt man in einer Kochflasche Wasser, welchem man Sägemehl oder Papierfäserchen oder Bernsteinpulver beigemischt hat, so sieht man einen aufsteigenden Strom warmen Wassers, während das kältere, also dichtere Wasser an den Seiten herabsinkt. Obwohl das Wasser ein schlechter Wärmeleiter ist, pflanzt sich doch in ihm die Wärme rasch durch die **Strömung** fort, wenn es von unten erwärmt wird. — Wie ist es aber, wenn das Wasser nahe an der Oberfläche erwärmt wird? (Fig. 13.)

Auch warme Luft steigt in die Höhe. In einem geheizten Zimmer ist es oben an der Decke viel wärmer als unten am Fußboden. — Hält man ein Flöckchen Watte in ein weites Glasrohr, unter welchem eine Flamme brennt, so wird die Watte beim Loslassen schnell durch das ganze Glasrohr hindurch- und zu der oberen Öffnung hinausgetrieben. — Rauch nimmt dieselbe Richtung. (Fig. 22.)

Welche Erfahrung macht man, wenn in ein geheiztes Zimmer durch das geöffnete Fenster kalte Luft einströmt? — Wo werden in den Zimmern die Ventilationsöffnungen angebracht? — Weise mit einer Flamme die in einem geheizten Zimmer entstehenden Luftströmungen nach, wenn die Tür nach einem kalten Nebenraume ein wenig geöffnet wird! — Weise mit der Vorrichtung (Fig. 28, tanzende Papierschlange) den über einem geheizten Ofen aufsteigenden Luftstrom nach! — Erkläre mit Hilfe der Fig. 22 die Wirkung der Lampenzylinder und der Schornsteine! — Hohe Schornsteine müssen nach oben hin enger werden, damit von oben keine kalte Luft eindringe. — Ein Ofen raucht, wenn nach längerer Unterbrechung wieder geheizt wird. — Steigen eines mit warmer Luft gefüllten Ballons.

Fig. 21.

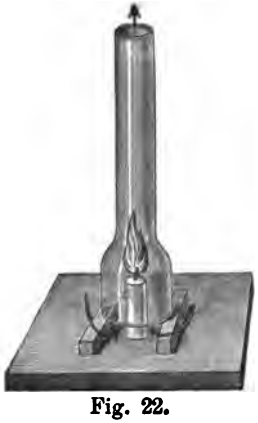


Fig. 22.

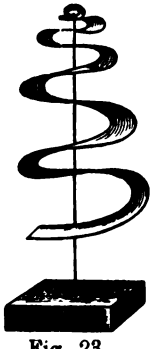


Fig. 23.

Einrichtung einer **Warmwasserheizung**: Ofen im Keller mit Wasserkessel und Steigrohr; dieses führt in die Zimmer; gewundene Heizröhren in diesen Räumen; Wasserbehälter auf dem Speicher; eine gerade Röhre führt zum Kessel zurück; die ganze Leitung ist mit Wasser gefüllt. Entwirf eine Zeichnung und zeige die Richtung der Wasserströmung!

e) **Erklärung der Ausdehnung.** Wenn ein Körper seinen Rauminhalt durch Ausdehnung vergrößert, so kann diese Veränderung eine doppelte Ursache haben. Entweder kommt neuer Stoff hinzu, oder die Teilchen des Körpers (Moleküle) rücken mehr auseinander. Wäre das erstere der Fall, so müßte ein erwärmter Körper schwerer sein als im kalten Zustande. Mit der Wage läßt sich aber eine Gewichtsvermehrung nicht nachweisen. Im zweiten Falle muß die Dichtigkeit der Körper beim Erwärmen abnehmen, da die Moleküle sich immer mehr voneinander entfernen. Die unter *d*) angeführten Beispiele beweisen, daß diese Veränderung wirklich eintritt. Bei der Ausdehnung durch die Wärme werden also die Zwischenräume zwischen den einzelnen Molekülen größer.

Die Moleküle werden durch die Kohäsion zusammengehalten. Die Wärme hat also beim Ausdehnen der Körper eine Arbeit zu leisten, die um so größer ist, je größer die Kohäsion ist. Es ist somit auch erklärt, warum Flüssigkeiten und Gase sich bedeutend stärker ausdehnen als feste Körper. Die Fähigkeit, Arbeit zu leisten, nennt man in der Physik **Energie**. Die Wärme ist also eine **Energieform**.

§ 12. Das Gefrieren des Wassers.

a) Es ist eine allbekannte Erscheinung, daß die Eisdecke sich an der Oberfläche des Wassers bildet und daß Eisschollen auf dem Wasser schwimmen. Nach § 11 wäre zu erwarten gewesen, daß Eis, also erstarrtes Wasser, im flüssigen Wasser untersinke. Ein festes Bleistück sinkt in geschmolzenem Blei unter. Wenn in der Ölflasche das Öl im Winter zum Teil erstarrt, so befindet sich der feste Klumpen unten in der Flasche, das flüssige Öl schwimmt obenauf. In geschmolzener Butter sinkt ein festes Butterstück unter. — Das **Wasser** zeigt also ein auffallendes **Abweichen** von dem Gesetz: Beim Erwärmen dehnen sich die Körper aus, beim Abkühlen ziehen sie sich zusammen und werden dichter. **Das Wasser dehnt sich beim Erstarren aus.** Aus 10 Liter Wasser entstehen 11 Liter Eis.

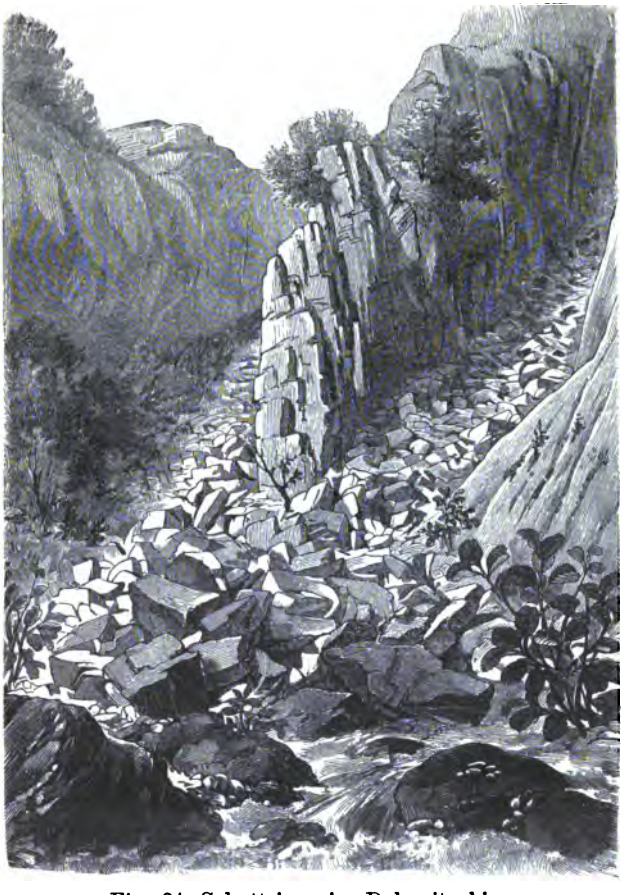


Fig. 24. Schuttrinne im Dolomitgebirge.

Gefriert das Wasser in einer Flasche, so platzt dieselbe. — Die Stärke der Ausdehnung beim Erstarren von Wasser kann man an Wasserleitungsröhren erfahren. — Holzige Pflanzenstengel bekommen Risse, wenn der Saft bei rasch eintretendem Froste gefriert. — Gefrorene Eier platzen.

Die Ausdehnung des Wassers beim Erstarren ist eine zweite Ursache des **Verwitterns der Gesteine** (§ 11, *c*). Da alle Gesteine, auch die härtesten, porös sind, dringt der Regen mehr oder minder tief in die Poren ein. Sinkt nun die Temperatur unter 0^0, so gefriert das Wasser in den Poren, und da es sich dabei ausdehnt, so sprengt es nach und nach kleinere oder größere Teile ab (Zahn der Zeit). Im Hochgebirge, wo der Temperaturwechsel ein sehr rascher ist und die Niederschläge (Regen, Schnee) oft lange andauern, kann man diese Zerstörung der Felsen am deutlichsten wahrnehmen. (Fig. 24.) Die losgebröckelten Teile werden durch das Wasser (Bäche, Gletscher) weitergeführt. Bei dieser Wanderung der Steine reiben sie sich gegenseitig ab, verlieren ihre eckige Gestalt, und so entstehen nach

und nach Kies und Sand. — Welche Bedeutung hat die Verwitterung der Gesteine für den Ackerbau? — Warum bedeckt man vorspringende Gesimse, Wasserrinnen an Gebäuden mit Zink?

b) Genaue Untersuchungen zeigen, daß das Wasser noch im **flüssigen Zustande** seine **größte Dichtigkeit** besitzt. Zur Ausführung dieser Untersuchung füllt man ein Fläschchen ganz mit ausgekochtem Wasser, verschließt es mit einem Pfropfen, durch welchen ein Glasrohr und ein Thermometer führen, und stellt das Ganze in ein Gefäß, das eine Mischung von Eis und Kochsalz enthält. (Fig. 25.) Bei fortschreitender Abkühlung sinkt der Wasserspiegel im Glasrohr, bis das Thermometer eine Wassertemperatur von $+ 4^0$ C anzeigt. Bei weiterer Abkühlung steigt das Wasser wieder im Glasrohr. — **Das Wasser hat bei $+ 4^0$ C seine größte Dichtigkeit.** Ein Liter reines Wasser von 4^0 C wiegt genau 1 Kilogramm.

Mit einer einfachen Vorrichtung, die sich jedermann leicht selbst herstellen kann, läßt sich in auffallender Weise die verschiedene Dichtigkeit des Wassers zeigen. Ein ausgeblasenes Ei, dessen Öffnungen mit Wachs oder Siegellack verschlossen worden sind, trägt am spitzen Ende ein kleines Körbchen aus Drahtnetz, dessen Aufhängehäkchen mit einem Tropfen Siegellack an dem Ei befestigt ist. Das Körbchen wird nun so beschwert (mit Steinchen, Münzen, Schrot), daß, wenn die ganze Vorrichtung in Wasser gesetzt wird (großes Einmachglas), das Körbchen eben noch den Boden des Gefäßes berührt. Stellt man im Winter das Gefäß vor das Fenster, so sieht man, wie bei zunehmender Abkühlung des Wassers (Thermometer im Wasser!) der Schwimmer langsam in die Höhe steigt. Bei $+ 4^0$ hat er den höchsten Stand erreicht. Kühlt sich aber das Wasser noch mehr ab, so sinkt der Schwimmer wieder. Bringt man nun das Gefäß in das warme Zimmer, so bemerkt man, wie der Schwimmer wieder steigt, bis das Wasser eine Temperatur von $+ 4^0$ erreicht hat; von da an geht das Ei wieder nach unten. Erkläre diesen Vorgang!

Fig. 25.

c) Diese Ausnahme des Wassers von dem Gesetze der Ausdehnung ist von der allergrößten Wichtigkeit für den Haushalt der Natur.

In den stehenden Gewässern kühlen sich, wenn es kalt wird, die oberen Wasserschichten ab. Sie sinken unter, werden durch wärmere ersetzt, und dieser Vorgang dauert so lange, bis alle Wasserschichten eine Temperatur von $+ 4^0$ haben. Kühlt sich nun die Luft noch mehr ab, so dehnen sich die oberen Wasserschichten wieder aus; sie bleiben an der Oberfläche und erstarren schließlich zu Eis. Die Eisbildung geht also von oben nach unten vor sich. Die unter dem Eis liegenden Wasserschichten behalten eine durchschnittliche Temperatur von ungefähr 4^0, weil das Wasser ein schlechter Wärmeleiter ist.

Angenommen, das Eis wäre dichter, also schwerer als das Wasser; dann würden bei einer Temperatur von 0^0 die oberen Wasserschichten gefrieren und untersinken. Das Eis würde sich auf dem Grunde ablagern und nach und nach würde das ganze Gewässer nur noch ein großer Eisblock sein; infolgedessen würden die Tiere und Pflanzen im Wasser vernichtet werden.

In fließenden Gewässern werden die kalten und warmen Wasserschichten fortwährend vermischt, so daß sich das Eis überall an festen Punkten, also am Ufer, an Steinen auf dem Grunde, an Pfeilern und Pfählen ansetzt. Haben diese Eisstücke eine genügende Größe erreicht, so lösen sie sich los und treiben auf dem Wasser (Treib- oder Grundeis). Diese Eisschollen können, wenn sie zusammenfrieren, die Schiffahrt hemmen und die Brücken und Uferbauten zerstören. (Das Lied vom braven Mann.)

In den Meeren der kalten Zonen trifft man häufig gewaltige Eisblöcke (Eisberge) an, welche sich von den Ufergletschern abgelöst haben und schwimmend

große Strecken zurücklegen. — Erkläre, warum diese großen Massen auf dem Wasser schwimmen können! (Fig. 26.)

§ 13. Die Verdunstung.

a) Wenn auf einen Regen schönes Wetter folgt, so werden die nassen Straßen bald wieder trocken. — Steht ein mit Wasser gefülltes Gefäß auf dem Ofen, so sieht man, daß die Menge des Wassers nach und nach abnimmt, bis das Gefäß endlich leer ist. Eine genaue Beobachtung dieses Vorganges zeigt uns, was aus dem verschwundenen Wasser geworden ist. Aus dem Wasser steigt nämlich ein feiner, kaum sichtbarer Dampf auf. Hält man in denselben eine kalte Glasplatte, so setzen sich Wassertropfen an der Platte ab. **Durch die Wärme verwandelt sich das Wasser in Wasserdampf.**

Fig. 26. Eisbildung.

Das Trocknen nasser Gegenstände beruht also auf einer Verwandlung des Wassers in Dampf. Dieser Dampf läßt sich auch dann nachweisen, wenn er ganz unsichtbar ist. Man stülpt zu diesem Zwecke eine trockene Glasglocke über einen feuchten Schwamm; nach kurzer Zeit setzen sich an der Innenwand der Glocke kleine Wassertropfen an.

Wenn die **Verdampfung** einer Flüssigkeit bei **gewöhnlicher Temperatur** geschieht, so nennt man diesen Vorgang **Verdunstung**; die Dampfbildung geht dabei nur an der **Oberfläche** vor sich.

b) Die Größe der Verdunstung ist von verschiedenen Umständen abhängig.

Ausgebreitete nasse Wäsche trocknet schneller als zusammengerollte. Sie trocknet ebenfalls schneller bei warmem oder windigem Wetter. Die **Größe der Oberfläche** und **gesteigerte Temperatur** sind also von Einfluß auf die Verdunstung. Folgende Beobachtung zeigt uns, inwiefern der Wind bei der Verdunstung tätig ist. Zwei nasse Schwämme werden der Sonne

ausgesetzt oder in die Nähe eines Ofens gelegt; der eine bleibt offen liegen, der andere wird mit einer Glasglocke bedeckt. Der erstere wird bald trocken sein, während der andere tagelang feucht bleibt. **Ein abgeschlossener Luftraum vermag nur eine bestimmte Menge Wasserdampf aufzunehmen.** Ist ein solcher Raum mit Wasserdampf „gesättigt", so hört jede weitere Verdunstung auf. Der Wind reißt die feuchten Luftschichten, welche die Wäsche unmittelbar umgeben, fort und führt trockene Luft herbei; dadurch können immer wieder neue Wassermengen verdunsten.

Je größer die Oberfläche, je höher die Temperatur und je trockener die Luft ist, desto schneller geht die Verdunstung vor sich.

Ausbreiten des Grases beim Heumachen. — Soll auf dem Speicher die Wäsche rasch trocknen, so müssen die Dachfenster geöffnet werden. — Bei nebeligem Wetter trocknet die Wäsche nicht. — Warum müssen Flüssigkeiten in gut verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden? — Kochsalzlösungen in einem weiten flachen und in einem engen Gefäße an einem warmen Orte. Beobachtung! — Einrichtung der Gradierwerke und der Salzgärten. — Was hat man zu tun, um das rasche Trocknen eines aufgewaschenen Zimmers zu bewirken? — Gib noch andere Beispiele an!

Äther, Benzin, Spiritus verdunsten schneller als Wasser; ihre Dämpfe sind brennbar. Vorsicht!

c) Während der heißen Jahreszeit werden die Straßen und Plätze mit Wasser begossen; das Wasser verdunstet, und die heiße Luft kühlt sich ab. — Im Sommer ist es nach einem Regen angenehm kühl. —

Zur Erklärung dieser Abkühlung führt folgender Versuch: Ein Thermometer, dessen Kugel mit feiner Gaze umwickelt ist, wird in ein Glas Wasser gestellt. Nachdem die Temperatur des Wassers ermittelt worden ist, wird das Thermometer frei aufgehängt, und nach kurzer Zeit sieht man das Quecksilber fallen, obwohl die umgebende Luft wärmer ist als das Wasser. **Die Verdunstung erzeugt Kälte.** — Beim Verdunsten verändert sich der Körperzustand, der flüssige Körper geht in einen gasförmigen über. Diese Änderung des Zustandes (siehe § 11, *e*) beruht darauf, daß der Abstand der Moleküle sich immer mehr vergrößert, so daß die Kohäsion vollständig überwunden wird. Zu dieser Arbeit ist aber Wärme nötig; diese Wärme entzieht die Flüssigkeit ihrer Umgebung, in dem obigen Versuch also dem Quecksilber, und deswegen muß es im Thermometer sinken.

Tröpfle Benzin, Äther auf die Umhüllung des Thermometers und beobachte den Stand desselben! — Kältegefühl beim Verlassen des Bades. — Mit dem befeuchteten Finger kann man die Richtung eines leisen Windes finden. — Abkühlen eines Getränkes durch Umwickeln des Gefäßes mit einem nassen Tuche. — Um eine rasche Abkühlung heißer Flüssigkeiten zu bewirken, gießt man sie in flache Gefäße. — Alkarazzas sind poröse Tongefäße, in welchen man in Spanien das Trinkwasser aufbewahrt. Warum ist in solchen Gefäßen das Wasser kühl? — Abends ist es auf Rasenplätzen kühler als auf einem nicht mit Pflanzen bedeckten Platze.

d) Die **Verdunstungskälte** hat eine wichtige Anwendung in der **Kunsteisfabrikation** erfahren.

Ein ungefähr zur Hälfte mit Wasser angefülltes Probierröhrchen wird in einen Becher gestellt, welcher mit Äther getränkte Baumwolle

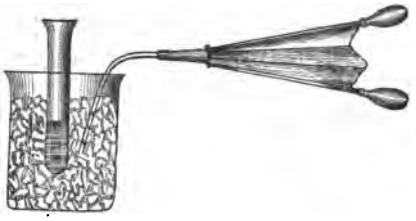


Fig. 27.

enthält. Mit Hilfe eines Blasebalges wird nun ein kräftiger Luftstrom in die Baumwolle geblasen. Die hierdurch bewirkte heftige Verdunstung erzeugt eine solche Erniedrigung der Temperatur, daß das Wasser im Probierröhrchen, selbst im Sommer oder im geheizten Zimmer, zu Eis erstarrt.

Im großen verwendet man statt des Äthers das billige Ammoniak, das in Schlangenröhren mit vielen Windungen durch einen mit einer Salzlösung angefüllten Behälter geleitet wird. In diesem Behälter hängen viereckige Blechkasten, in welchen reines Trinkwasser zu Eis erstarrt. Man wendet eine Salzlösung an, weil deren Gefrierpunkt unter 0^0 liegt. Vermittelst einer Pumpe wird das Ammoniakwasser zu raschem Verdunsten gebracht, wodurch eine Temperatur unter 0^0 erzeugt wird. Das verdunstete Ammoniak wird durch eine besondere Röhre wieder in das Schlangenrohr zurückgeführt, so daß fast kein Verlust an Ammoniak eintritt. Die Blechkasten werden nach dem Gefrieren des Wassers einen Augenblick in heißes Wasser gebracht, damit die dicken Eisplatten sich von den Wänden der Kasten loslösen. — Das Kunsteis hat den großen Vorzug vor dem Natureis, daß es rein ist und keine Krankheitskeime birgt. Außerdem kann man sich Eis in jeder Jahreszeit beschaffen. — Warum wird das Eis in Sägemehl oder in Kasten mit Strohwänden verpackt und verschickt?

§ 14. Das Sieden.

a) Bei der Verdunstung geht die Dampfbildung **langsam** und bei **gewöhnlicher Temperatur** vor sich, der Dampf bildet sich an der **Oberfläche** der Flüssigkeit. In der Küche können wir aber täglich beobachten, wie das Wasser bei **hoher** Temperatur **rasch** verdampft. Diese Dampfbildung bei hoher Temperatur nennt man **Sieden.**

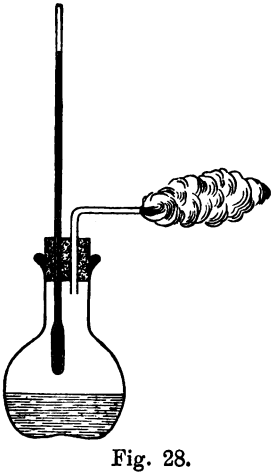


Fig. 28.

Zur Beobachtung der einzelnen Erscheinungen, die vom ersten Erwärmen des Wassers bis zum Sieden auftreten, erhitzt man es in einer Kochflasche. (Fig. 28.) Zuerst bilden sich kleine **Luftbläschen** am Grunde, die rasch und unverändert an die Oberfläche des Wassers steigen und dort verschwinden. Woher kommt diese Luft (§ 2 *b*)? — Bald nachher sieht man an der Oberfläche Dampf aufsteigen: Verdunstung. — Zwischen 80^0 bis 90^0 entstehen am Grunde größere Blasen, die aber sofort wieder verschwinden; ein eigentümliches Geräusch (Singen des Wassers) begleitet diesen Vorgang. — Von ungefähr 90^0 an steigen die Blasen allmählich auf; sie erreichen aber nicht die Oberfläche und werden beim Emporsteigen immer kleiner, bis sie innerhalb des Wassers verschwinden. Diese Blasen sind **Dampfblasen.** — Daß sie anfangs verschwinden und später beim Aufsteigen immer kleiner werden, liegt daran, daß das über ihnen lagernde Wasser noch nicht warm genug ist und folglich eine Verdichtung der Dampfblasen zu Wasser eintreten muß. — Bei 100^0 endlich steigen die großen Blasen rasch und unver-

ändert durch die Flüssigkeit hindurch und versetzen die Oberfläche in Wellenbewegung: das Wasser **siedet**. Warum steigen jetzt die Dampfblasen, ohne an Größe abzunehmen, auf? — Beobachte, von welchem Punkte aus die Dampfblasen aufsteigen, wenn die Kochflasche von der Seite erwärmt wird! — **Beim Sieden geht die Dampfbildung von der erhitzten Stelle aus.**

Innerhalb der Kochflasche sieht man während des Siedens keinen Dampf; erst über der Öffnung der Flasche wird er sichtbar. Warum? (Fig. 29.)

Fig. 29.

b) In **offenen** oder lose verschlossenen **Gefäßen siedet das Wasser bei 100°**. Facht man das Feuer noch so stark an, das Wasser kann in diesen Gefäßen niemals eine höhere Temperatur als 100° erreichen. — **Erklärung**: Erwärmt man kaltes Wasser, so treten nacheinander die drei bekannten Hauptwirkungen der Wärme auf: 1. das Wasser dehnt sich aus, 2. seine Temperatur wird erhöht, 3. es verwandelt sich in Dampf. Von dem Eintreten des Siedens an wird alle zugeführte Wärme nur noch zur raschen Dampfbildung von der erhitzten Stelle aus, d. h. zur Veränderung des Körperzustandes verbraucht. — Warum sinkt der Wasserspiegel im Kochgefäß? — Bei diesem Vorgang leistet die Wärme **Arbeit**. Die größere Arbeit (Veränderung des Körperzustandes, Überwindung der Kohäsion, Vergrößerung der Abstände der Moleküle) verbraucht die ganze Arbeitsfähigkeit der Wärme, so daß eine weitere Erhöhung der Temperatur nicht mehr erfolgen kann.

Siedepunkte einiger Flüssigkeiten.

Wasser 100°, Spiritus 78°, Öl 310°.
Meerwasser 104°, Äther 35°, Quecksilber 350°.
1 Liter Wasser gibt ungefähr 1700 Liter Dampf von 100°.
(Über die Abhängigkeit des Siedepunktes vom Luftdruck siehe § 55.)

§ 15. Die Verdichtung des Dampfes.

a) Infolge der Verdunstung der irdischen Gewässer (Bäche, Flüsse, Seen, Meere) gelangt tagsüber eine große Menge von unsichtbarem Wasserdampf in die Luft. Auch in den bewohnten Zimmern ist Wasserdampf. Wodurch entsteht dieser? — Bringt man in ein geheiztes Zimmer ein kaltes Glasgefäß, so beschlägt es, d. h. an der Außenseite setzen sich viele Wassertröpfchen an. Erkläre diese Erscheinung!

Bei kaltem Wetter bedecken sich die Fenster bewohnter Räume an der Innenseite mit Wasser (Schwitzen der Fenster). — Wie läßt sich leicht nachweisen, daß beim Verbrennen einer Kerze Wasser entsteht? — Durch die nächtliche Ausstrahlung kühlen sich die Pflanzen rasch ab. Erkläre die Bildung der Tautropfen! (Taubildung § 75 *b*.)

b) Siedet Wasser in einer Pfanne, so sieht man zahlreiche Wassertropfen an der Unterseite des Deckels. — Hält man in den Dampf siedenden Wassers einen kalten Körper (Glasscheibe), so bedeckt er sich mit Wassertropfen; zu gleicher Zeit wird er warm. **Beim Verdichten des Wasserdampfes entsteht Wärme.**

c) Leitet man den Dampf siedenden Wassers durch eine Glasröhre in einen Zylinder, der kaltes Wasser enthält, so verschwinden die Dampfblasen bei ihrem Eintritt in das kalte Wasser. (Fig. 30.) Nach und nach steigt die

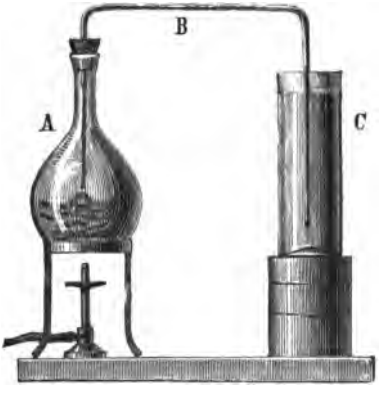


Fig. 30.

Fig. 31.

Temperatur dieses Wassers, und seine Menge vermehrt sich; schließlich gerät dieses Wasser auch ins Sieden. **Beim Verdichten gibt der Wasserdampf so viel Wärme ab, als zu seiner Bildung nötig war.** — Erkläre, warum die zur Dampfbildung verbrauchte Wärme jetzt beim Verdichten wieder frei wird! Diese freigewordene Wärme kann neue Arbeit leisten. Stelle zum Beweise in den Zylinder ein Probiergläschen mit kaltem Wasser! —

d) An der Innenwand des kupfernen Wasserbehälters im Küchenherd setzt sich mit der Zeit eine graue, harte Kruste ab. Es ist Kalk, welcher im Wasser aufgelöst war (genauer: kohlensaurer Kalk; das Wasser heißt hartes Wasser). — Will man reines Wasser gewinnen, welches also keine erdigen Bestandteile mehr enthält, so muß man es verdampfen und die Dämpfe verdichten oder **kondensieren.**

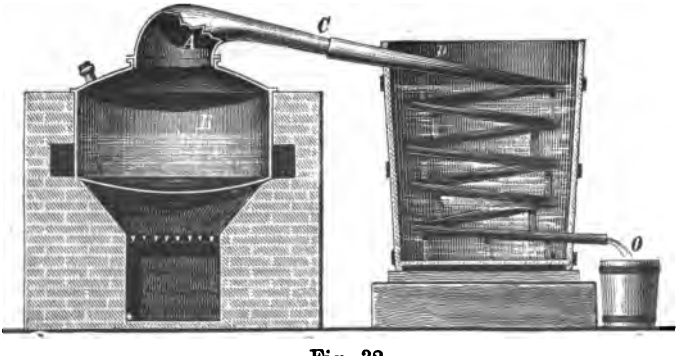


Fig. 32.

Zur Ausführung des Versuches verwendet man eine gewöhnliches Brunnenwasser enthaltende Retorte, deren Hals in eine leere Flasche führt. Erhitzt man nun die Retorte, bis das Wasser siedet, so sieht man Wasserdämpfe durch den Hals der Retorte in die Flasche dringen; sie entweichen zum Teil durch die Öffnung der Flasche, da dieselbe durch den Retortenhals nicht dicht verschlossen ist. Übergießt man nun die Flasche mit

kaltem Wasser, so kondensieren die Dämpfe, und es entsteht reines Wasser. (Fig. 31.)

Warum wird das Wasser in der Retorte nach und nach trüb? — Verwende statt gewöhnlichen Wassers Salzwasser oder eine blaue Lösung von Kupfervitriol; was erhält man in der Vorlage, was bleibt in der Retorte zurück?

e) **Die Destillation.** Will man im großen reines Wasser gewinnen, so verwendet man den Destillationsapparat. (Fig. 32.) Kupfernes oder eisernes Destillationsgefäß *B* (Blase); Helm *A*, Hals *C*, Kühlgefäß *D* mit Schlangenrohr *O*. — Womit muß das Kühlgefäß gefüllt sein? — Warum muß dieses Wasser stets erneuert werden? — Wenn man das Kühlgefäß mit einem Zuleitungsrohr für kaltes Wasser und einem Ableitungsrohr für das warme Wasser versehen will, wo müssen ihre Mündungen liegen? — Mit Hülfe dieses Apparates gewinnt man aus Früchten, Wein, zuckerhaltigen Stoffen den Branntwein, Spiritus.

§ 16. Das Schmelzen.

a) Das Eis schmilzt bei 0°, kleine Wassermengen gefrieren ebenfalls bei 0°. — Wird Wachs in einem Gefäße erhitzt, so sieht man, daß sich bei einer bestimmten Temperatur (65°) sein Körperzustand verändert: es wird flüssig. Erhitzt man den Stoff noch weiter und löscht dann die Flamme aus, so erstarrt er wieder bei derselben Temperatur, bei welcher er flüssig wurde. **Der Schmelzpunkt eines Körpers ist auch sein Erstarrungspunkt.**

b) Löst man Salmiak im Wasser auf, so sinkt die Temperatur desselben bedeutend. — Erklärung: Das Salz geht aus dem festen in den flüssigen Zustand über. Es muß also eine Arbeit geleistet werden (Verminderung der Kohäsion, Entfernen der Moleküle voneinander); zu dieser Arbeit ist eine Kraft (Wärme) nötig. Diese Wärme wird dem Wasser entzogen, folglich sinkt dessen Temperatur. **Geht ein fester Körper in den flüssigen Zustand über, so wird Wärme verbraucht.**

Wichtigste Kältemischung: Eis und Kochsalz. Erkläre die Temperaturerniedrigung! — Wie ist die kleine Eismaschine, die man zu Hause zum Gefrieren süßer Speisen verwendet, eingerichtet? — Andere Kältemischungen: salpetersaures Ammoniak ($^1/_2$ *kg*) mit ($^1/_2$ *kg*) Wasser; Salmiak und Wasser; Salpeter, Salmiak und Wasser; Glaubersalz und Salzsäure. Bei den zwei zuerst angegebenen Mischungen kann man das Salz durch Eindampfen der Lösung wieder gewinnen und von neuem zur Eisbereitung verwenden. — Verwendung von Eis (in Eisbeuteln) bei gewissen Krankheiten.

Schmelzpunkte einiger Stoffe.

Quecksilber	— 39°,	Wachs	+ 65°,	Blei	330°,	Kupfer	1100°.
Eis	0°,	Schwefel	111°,	Silber	1000°,	Gold	1200°.
Butter	+ 32°,	Zinn	235°,	Glas	1000°,	Stahl	1400°.

III. Elektrizität.

§ 17. Das Gewitter und die elektrischen Grunderscheinungen.

a) Die Vorboten des Gewitters sind schwüles Wetter, hohe Temperatur. Am Horizonte erheben sich scharf begrenzte, weiße Haufenwolken, welche rasch aufsteigen, eine dunkelgraue Farbe annehmen und den ganzen Himmel überziehen. Ein stoßweis wehender Wind, der zum heftigsten Sturm anwachsen kann, tritt auf. **Die wesentlichen Erscheinungen** bei einem Gewitter sind **Blitz** und **Donner**. In den meisten Fällen ist das

Gewitter von heftigen Regengüssen, manchmal auch von Hagelschauern begleitet.

b) Blitz und Donner kann man im kleinen auf künstliche Weise hervorrufen. — Eine Glas- oder Hartgummistange wird mit einem trockenen Lappen gerieben. Nähert man der Stange im Dunkeln den Finger, so sieht man einen **knisternden Funken** auf den Finger überspringen. Der Funke ist ein kleiner Blitz, das Knistern ein sehr schwacher Donner. — Wird die Stange nicht gerieben, so springt bei Annäherung des Fingers kein Funke über.

Durch das Reiben ist die Stange nicht nur warm geworden (§ 8 *b*), sondern sie ist noch in einen andern eigentümlichen Zustand versetzt: der Körper ist **elektrisch.** — Siegellack, Radiergummi, glasiertes Papier werden durch Reiben ebenfalls elektrisch.

1. elektrisches Grundgesetz: Elektrische Körper sprühen bei Annäherung eines andern Körpers knisternde Funken aus.

c) Nähert man die geriebene Glas- oder Hartgummistange leichten

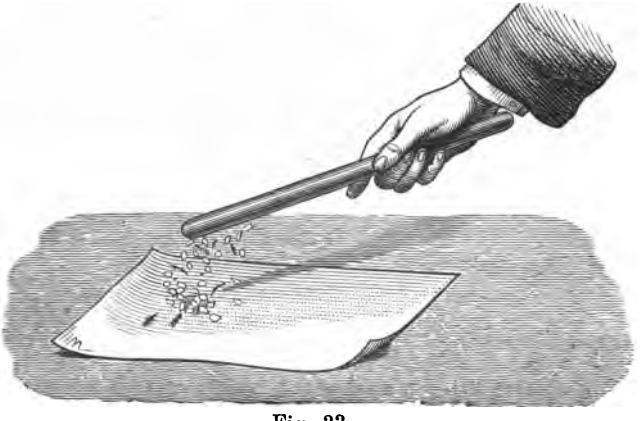


Fig. 33.

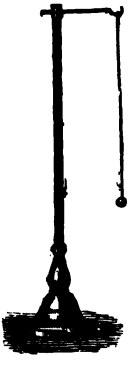


Fig. 34.

Körperchen (Papierschnitzeln, Holundermarkkügelchen), so werden dieselben **angezogen** und sofort wieder **abgestoßen.**

Um die elektrische Anziehung und Abstoßung besser wahrnehmen zu können, befestigt man ein Holundermarkkügelchen an einem feinen Seidenfaden und hängt es an einem kleinen Ständer auf. Diese Vorrichtung heißt **elektrisches Pendel.** (Fig. 34.)

2. elektrisches Grundgesetz: Ein elektrischer Körper zieht andere Körper an und stößt sie gleich wieder ab.

Durch diesen Versuch ist klar bewiesen, daß die Elektrizität eine Arbeit leistet, indem sie das leichte Markkügelchen in Bewegung setzt. Vergleiche in dieser Hinsicht Elektrizität und Wärme! Die Elektrizität ist auch eine **Energieform.**

d) Mit Hülfe des elektrischen Pendels und einer geriebenen Glasstange wird der Versuch *c*) noch einmal ausgeführt. Das Kügelchen wird lebhaft angezogen und sofort wieder abgestoßen. Es verharrt in dieser

letzten Lage, solange sich der Glasstab in seiner unmittelbaren Nähe befindet. Nähert man nun dem Kügelchen eine geriebene Hartgummistange, so wird es stark angezogen. Dieselbe Erfahrung macht man, wenn man zuerst das Kügelchen mit der Hartgummistange berührt und dann den Glasstab nähert.

Die Elektrizitäten beider Körper sind also verschieden. Man nennt die Elektrizität der Glasstange **positive (+)**, die der andern Stange **negative (—) Elektrizität**. Ihre verschiedene Wirkung wird deutlich sichtbar, wenn man zwei Pendel benutzt, deren Kügelchen verschiedene Elektrizität besitzen. (Fig. 35).

3. elektrisches Grundgesetz: Gleichnamige Elektrizitäten stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an.

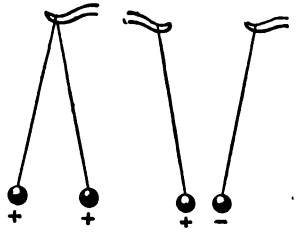


Fig. 35.

Um leicht erfahren zu können, welcher Art die Elektrizität eines geriebenen Körpers ist, verwendet man das **Elektroskop**. (Fig. 36.) Glasgefäß; Messingstange mit Kugel; zwei feine Goldschaum- oder Aluminiumblättchen. Berühre zuerst den Knopf mit einer geriebenen Glasstange; was geschieht? Nähere nun den geriebenen Körper, dessen Elektrizität untersucht werden soll! Zwei Möglichkeiten: entweder fallen die Blättchen zusammen oder sie entfernen sich noch mehr. Welcher Art ist dann die Elektrizität in diesen beiden Fällen?

Fig. 36.

e) Berührt man eine kleine Messingkugel, die mit einem Hartgummigriff versehen ist, mit einer geriebenen Glasstange, so erhält auch die Kugel die Kraft, Körper anzuziehen und abzustoßen. Die Elektrizität der Glasstange hat sich also der Messingkugel mitgeteilt.

4. elektrisches Grundgesetz: Körper werden nicht nur durch Reiben, sondern auch durch Mitteilung elektrisch.

f) In der Wärmelehre lernten wir gute und schlechte Wärmeleiter kennen. Gibt es auch einen solchen Unterschied hinsichtlich der Fortpflanzung der Elektrizität?

Auf ein trockenes Trinkglas legt man eine Kupferstange und stellt das elektrische Pendel so auf, daß das eine Ende der Stange das Kügelchen berührt. Teilt man nun der Stange an dem entgegengesetzten

Ende Elektrizität mit, so wird sofort das Pendel ausschlagen. Die Elektrizität hat sich also über die ganze Stange ausgebreitet: das Kupfer ist ein **guter** Leiter der Elektrizität. — Ersetzt man die Kupferstange durch einen Glasstab, so findet kein Ausschlag statt: Glas ist ein **schlechter** Leiter der Elektrizität.

Teilt man dem Kupferstab wieder Elektrizität mit und berührt man ihn in irgend einem Punkte mit dem Finger, so zeigt er keine elektrische Wirkung mehr, die ganze Elektrizität ist ihm durch Berührung in einem Punkte entzogen worden. — Eine geriebene Glasstange wird, ebenso behandelt, nur in dem Punkte, in welchem sie berührt worden ist, ihre Elektrizität verlieren.

5. elektrisches Grundgesetz: Es gibt gute und schlechte Elektrizitätsleiter. Die **guten Leiter** leiten die Elektrizität schnell fort, verlieren sie aber auch vollständig, wenn man sie in einem Punkte berührt. Die **schlechten Leiter** leiten die Elektrizität nicht fort und verlieren sie nur an dem Berührungspunkte.

Gute Leiter: Alle Metalle, besonders Silber und Kupfer; der menschliche Körper, das Wasser, die feuchte Luft, der feuchte Erdboden.

Schlechte Leiter: Glas, Porzellan, Seide, Siegellack, Hartgummi, trockenes Holz, Kautschuk, Guttapercha, Schwefel, trockene Luft.

Soll ein guter Leiter seine Elektrizität längere Zeit bewahren, so muß er **isoliert**, d. h. von schlechten Leitern getragen oder umgeben sein.

Da die feuchte Luft niemals ganz zu beseitigen ist, so kann auch ein isolierter guter Leiter nicht dauernd elektrisch bleiben. Berührt man einen mit Elektrizität geladenen und isolierten Körper, so geht die elektrische Ladung durch den gut leitenden menschlichen Körper in die Erde.

Warum mußte bei Versuch *f*) die Kupferstange auf ein trockenes Glas gelegt werden? — Warum wird das Kügelchen des elektrischen Pendels an einem Seidenfaden befestigt?

§ 18. Die elektrische Verteilung (Influenz).

a) Um stärkere elektrische Wirkungen zu erzielen, bedient man sich des **Elektrophors**. Er besteht aus einer Hartgummiplatte *H* mit Metallunterlage *M*, einem runden Metalldeckel *D* mit isolierendem Griff *G* aus Hartgummi.

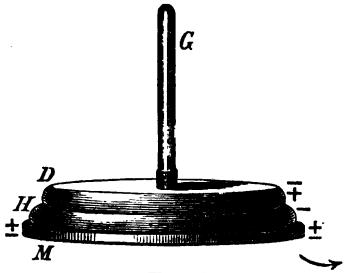


Fig. 37.

Die Platte wird mit einem wollenen Lappen oder einem Fuchsschwanz gerieben; dadurch wird sie negativ elektrisch. Nun wird sie mit einer dünnen Glasplatte bedeckt und der Deckel aufgelegt. Wird er abgehoben, so zeigt er keine Spur von Elektrizität. Berührt man ihn aber vor dem Aufheben mit dem Finger, so zeigt er positive Elektrizität. (Nachweis am Elektroskop.)

b) **Erklärung:** Durch Mitteilung kann der Deckel die Elektrizität nicht erhalten haben; denn 1. ist er durch einen schlechten Leiter (Glas) von der Platte getrennt, 2. könnte doch nur negative Elektrizität von der Platte auf den Deckel übergehen. Er zeigt aber positive Elektrizität, die schon vorher im Deckel enthalten gewesen sein muß. Vor dem Auflegen ist der Deckel unelektrisch, d. h. er enthält beide Arten von Elektrizität

in gleicher Menge. Die Wirkung der einen wird durch die der andern aufgehoben und somit zeigt sich keinerlei elektrische Erscheinung. — Legt man nun den Deckel auf, so sammelt sich die + E. desselben an der unteren Seite, da sie von der — E. der Platte angezogen und festgehalten wird, während sich die — E. des Deckels an der oberen Seite ansammelt. Hebt man nun den Deckel ab, so vereinigen sich die vorhin getrennten Elektrizitäten wieder, der Deckel wird unelektrisch. — Berührt man die obere Seite des Deckels, bevor man ihn abhebt, so wird die — E. in die Erde abgeleitet, der Deckel ist nur mit + E. geladen und zeigt nun in erhöhtem Maß die erste und zweite elektrische Grunderscheinung.

Jeder elektrische Körper ruft in einem nahen guten Leiter eine elektrische Verteilung hervor. Die ungleichnamige Elektrizität wird angezogen, die gleichnamige abgestoßen.

In Fig. 38 ist der Vorgang der elektrischen Verteilung oder Influenz bildlich dargestellt. *R* ist der elektrische Körper, der Zylinder ist zunächst unelektrisch; beide sind isoliert. Erkläre die Figur und den Vorgang!

c) Auf den Deckel des Elektrophors legt man einen mit Stanniol überklebten Kork, durch welchen mehrere Stecknadeln mit den Spitzen nach oben gesteckt sind. Wird der Deckel auf die Platte gelegt, berührt und abgehoben, so zeigt er keine Spur mehr von Elektrizität; sie ist durch die Spitzen entwichen. **Spitze Leiter lassen die Elektrizität an der Spitze entweichen.**

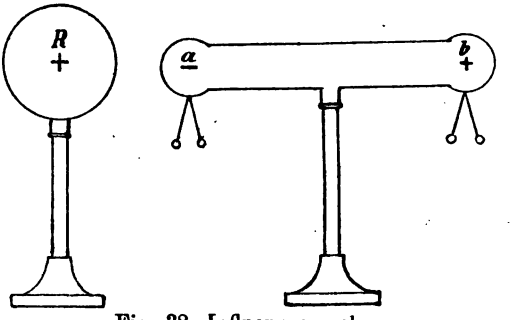


Fig. 38. Influenzversuch.

d) Große Funken, welche mehr Ähnlichkeit mit dem Blitze zeigen und von einem stärkeren Knalle begleitet sind als diejenigen des Elektrophors, erhält man mit der **Elektrisiermaschine.** (Fig. 39.)

Kreisrunde Glasscheibe mit Achse und Kurbel. Reibzeug: Messingkugel (Konduktor) mit Lederkissen. Ein zweiter Konduktor trägt einen Doppelring; an der Innenseite desselben zahlreiche feine Spitzen. Die Füße der Konduktoren und die Achse sind aus Glas. Warum? Die Reibkissen tragen Schutzflügel aus Wachstuch. Warum?

Erklärung: Dreht man die Scheibe, so wird sie durch Reibung an den Kissen positiv elektrisch. Beim Durchgang durch den Doppelring kommt sie in die Nähe des großen Konduktors und wirkt verteilend auf die beiden in ihm enthaltenen Elektrizitätsarten. Infolge des dritten elektrischen Grundgesetzes wird die — E. des Konduktors angezogen, gelangt in die Spitzen und strömt durch dieselben auf die Glasscheibe. Von diesem Punkte bis zum Reibzeug ist also die andere Hälfte der Scheibe unelektrisch. Auf dem Konduktor wird + E. frei. Warum muß der Konduktor des Reibzeuges leitend mit der Erde verbunden sein?

Zwischen dem positiven Konduktor und dem genäherten Finger entstehen große Funken; größere Funken erhält man, wenn der negative Konduktor leitend mit einem in der Nähe des positiven Konduktors stehenden Funkenzieher verbunden

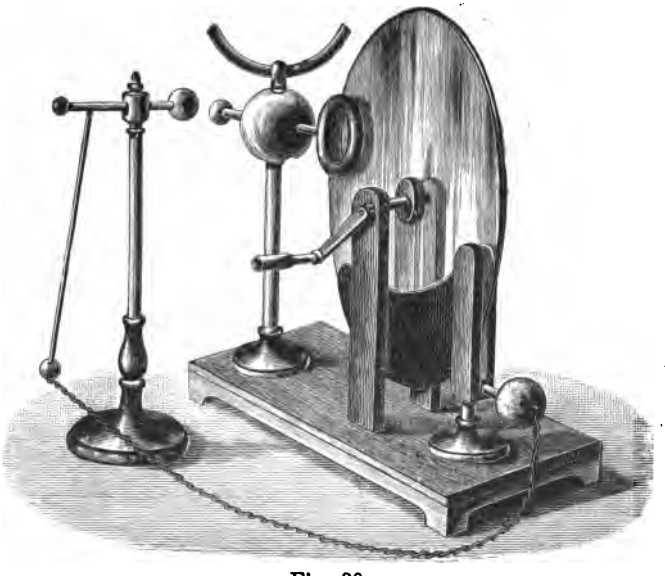


Fig. 39.

wird. (Fig. 39.) — Hängt man das elektr. Glockenspiel (Fig. 40) an den Konduktor, so schlägt das Pendel abwechselnd an die beiden Glocken. Warum hängt die linke Glocke an einem Metalldraht, während die rechts an einem Seidenfaden befestigt ist? Warum muß diese mit der Erde leitend verbunden werden? — Stelle ein Büschel aus feinem Seidenpapier her und hänge es an den Konduktor! — Der durch die Abstoßung der elektrisch gewordenen Luft erzeugte elektrische Wind wird durch das elektrische Flugrad (Fig. 41) nachgewiesen. — Nähere im Dunkeln die Fingerspitzen dem Konduktor; sie leuchten. — Setzt man auf den Konduktor eine Metallspitze, so entsteht an der Spitze ein Lichtbüschel; Funken können nicht mehr aus dem Konduktor gezogen werden. — Personen werden elektrisiert, indem sie sich auf einen Schemel mit Glasfüßen stellen und den Konduktor berühren.

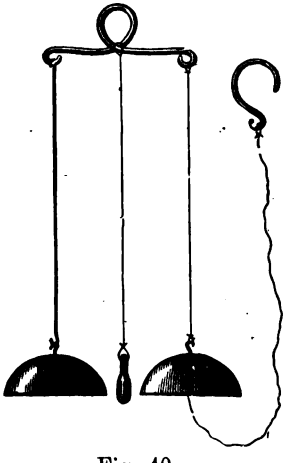


Fig. 40.

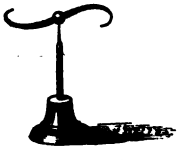


Fig. 41.

e) Zur Ansammlung größerer Mengen von Elektrizität dient die **Leydener Flasche.** (Fig. 42.) — Weithalsige Glasflasche. Innen- und Außenwand mit Stanniol belegt. Eine Messingstange mit Kugel steht mit der inneren Belegung in leitender Verbindung. Laden der Flasche. Die äußere Belegung muß leitend mit der Erde verbunden sein. In dem Maße als sich positive Elektrizität

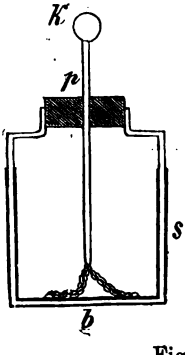


Fig. 42.

Fig. 43.

auf der inneren Belegung ansammelt, häuft sich auf der äußeren negative Elektrizität an.

Um die Wirkung der Entladung zu erfahren, bilden mehrere Personen eine Kette. Die erste berührt die äußere Belegung, die letzte den Knopf. — Zur Entladung benützt man den **Auslader** (Fig. 43): Gebogener Draht mit Hartgummi- oder Glasgriff. Der Entladungsfunken zeigt ein blendendes Licht. — Umwickelt man eine Kugel des Ausladers mit Baumwolle, die mit Äther befeuchtet ist, so entzündet sich der Äther beim Überspringen des Funkens.

§ 19. Elektrische Grundbegriffe. — Geschichtliches.

a) Körper, die durch Reiben in den elektrischen Zustand versetzt worden sind, besitzen in diesem Zustand die Fähigkeit, Arbeit zu leisten. — Früher glaubte man, die Elektrizität sei ein leicht beweglicher Stoff, und von dieser Annahme rühren noch einige gebräuchlichen Ausdrücke her, wie „ansammeln", „anhäufen", „fließen", „ausströmen". Um sich die Wirkungsweise der Elektrizität zu erklären, greift man gern auf diese alte Anschauung zurück. — Je länger man einen Glasstab reibt, desto stärker ist seine Wirkung; dafür kann man im übertragenen Sinne sagen, er enthält eine größere **Elektrizitätsmenge**, als wenn er nur wenig gerieben wird. Mit Hülfe des Elektrophors oder der Elektrisiermaschine kann man größere Elektrizitätsmengen erzeugen und daher auch eine größere Kraftwirkung erzielen. Da die kleinsten Teilchen einer Elektrizitätsmenge gleichnamig sind, so stoßen sie sich gegenseitig ab; folglich kann die Elektrizität nur an der Oberfläche eines guten Leiters sein. Den Beweis für die Richtigkeit dieses Schlusses führt man mit Hilfe des Apparates in Fig. 44. Eine isolierte Metallkugel wird elektrisiert. Schließt man sie nun mit den beiden Kugelschalen ein, so zeigt sich nach dem Abheben derselben, daß alle Elektrizität auf diese übergangen ist, während die Kugel selbst unelektrisch geworden ist. — Da Gleichgewicht an der Oberfläche herrscht, so muß auf jedem Flächenteilchen gleich viel Elektrizität sein; folglich muß auch die **Dichtigkeit** der Elektrizität auf einer Kugeloberfläche überall gleich sein. Verjüngt sich der Körper auf einer Seite, oder trägt er eine Spitze, so muß hier die Dichtigkeit größer sein, weil die Oberfläche kleiner ist, und deswegen findet an den Spitzen leicht ein Ausströmen statt.

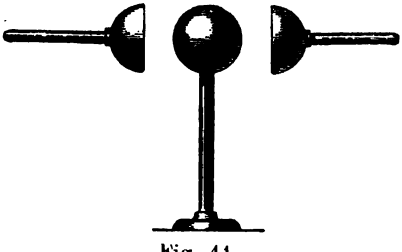


Fig. 44.

Wird ein mit Elektrizität geladener Körper mit einem unelektrischen durch einen Metalldraht verbunden, so findet durch diesen Draht eine **Ausgleichung** statt, indem die Elektrizität des ersten Körpers sich auch auf den zweiten ausbreitet; die Dichtigkeit der Elektrizität, also auch ihre Wirkung, hat auf dem ersten Körper abgenommen. — Die auf der Oberfläche eines Leiters vorhandene Elektrizität übt infolge der Abstoßung ihrer Teilchen einen Druck auf die nichtleitende Umgebung des Leiters, z. B. auf die Luft, aus; diesen Druck bezeichnet man als **elektrische Spannung.** — Nähert man einem Leiter mit + E. einen mit — E. ge-

ladenen, so wird die Spannung immer größer und wächst in dem Maße, als die Entfernung und mit ihr der Widerstand der trennenden Luftschicht abnimmt. Vermöge dieser hochgradigen Spannung tritt endlich eine gewaltsame Ausgleichung durch die Luft ein. Diese Ausgleichung ist von einer Lichterscheinung begleitet, die von dem Erglühen der Luft herrührt und welche man **elektrischen Funken** (Blitz) nennt.

b) Schon die alten Griechen kannten die Elektrizität. An geriebenem Bernstein (Elektron) hatte Thales die anziehende und abstoßende Wirkung desselben erkannt und die neue Kraft Elektrizität genannt. Während des ganzen Mittelalters fand keine Entwicklung dieses Zweiges der Physik statt. In der Mitte des 17. Jahrhunderts beschäftigte sich **Gilbert**, der Leibarzt der Königin Elisabeth von England, mit der Elektrizität. Er fand die Ursache derselben in der Reibung und zeigte, daß feuchte Luft den elektrischen Zustand aufhebt. **Gray** wies den Unterschied zwischen guten und schlechten Leitern und die Lage der Elektrizität an der Oberfläche der Körper nach. Er lebte in London als Mitglied der Royal Society. Die Entdeckung der beiden Elektrizitätsarten, sowie das Gesetz von der Anziehung und Abstoßung verdanken wir **Dufay**, der als Mitglied der Akademie und als Direktor des Jardin des plantes in Paris um die Mitte des 18. Jahrhunderts starb. Die erste Elektrisiermaschine wurde von **Otto von Guericke**, Bürgermeister von Magdeburg, im 17. Jahrhundert erfunden; der geriebene Körper war eine Schwefelkugel. **Hausen** in Leipzig ersetzte diese Schwefelkugel durch eine Glaskugel. Die Scheibenmaschine erfand **Planta** aus dem Engadin, die Verstärkungsflasche **Muschenbroek** in Leyden und den Elektrophor **Volta** in Italien.

§ 20. Der Blitz und der Blitzableiter.

a) Die Wissenschaft von der Elektrizität hatte sich zu einer bedeutenden Höhe emporgeschwungen, der Elektrophor, die Elektrisiermaschine, die Leydener Flasche waren schon längst in Gebrauch, und noch immer hatte man die wahre Natur des Gewitters nicht erkannt. Unwissenheit, Aberglaube und die Furcht vor den unheilvollen Wirkungen der gewaltigen Naturkräfte verhinderten das Erforschen des Gewitters. In der Mitte des 18. Jahrhunderts endlich fand sich ein kühner Mann, der diese Frage zu lösen suchte: es war Benjamin **Franklin**. Bei Annäherung eines Gewitters ließ er einen seidenen Drachen steigen, der an der Oberseite eine kleine Metallspitze trug. An der Schnur des Drachens hatte er einen Schlüssel befestigt, den er vermittelst einer seidenen Schnur festhielt. Bald wurden leichte Gegenstände von dem Schlüssel angezogen und abgestoßen, und Franklin konnte sogar ziemlich große Funken aus dem Schlüssel ziehen. Die Natur des Gewitters war erkannt: **Das Gewitter ist eine elektrische Naturerscheinung.** — Der Sitz der elektrischen Ladung sind die Gewitterwolken, die bald positiv, bald negativ elektrisch sind.

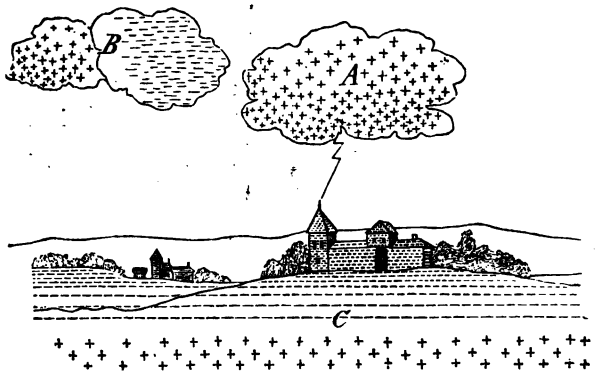


Fig. 45.

b) Die Erscheinungen am Elektrophor können zur Erklärung des Gewitters dienen.

Schwebt eine Gewitterwolke über der Erde, so wirkt sie auf diese, wie die Platte des Elektrophors auf den Deckel. Ist die Wolke positiv elektrisch, so zieht sie die negative Elektrizität der Erde an, und diese sammelt sich an der Oberfläche, ganz besonders auf hervorragenden Gegenständen wie Kirchtürmen, Häusern, Bäumen, Gerüststangen, Heuhaufen. Senkt sich die Wolke tiefer, so entsteht zwischen den beiden Elektrizitätsarten eine immer höhere Spannung, bis endlich die gewaltsame Ausgleichung durch den schlechten Leiter hindurch (die Luft) in Gestalt eines Blitzes erfolgt. Man sagt dann: der Blitz (das Wetter) hat eingeschlagen. — Die meisten Blitze treten zwischen den einzelnen Wolken auf; die Bahn ist eine vielfach gewundene Schlangenlinie. (Fig. 45.)

Sind die Wolken, zwischen welchen die Blitze entstehen, weit entfernt von dem Beobachtungsort, so sieht man die Blitze selbst nicht, wohl aber, wenn es dunkel ist, ihren Widerschein. Man bezeichnet diese Erscheinung als **Wetterleuchten.**

Die Wirkungen des Blitzes sind furchtbar. Menschen und Tiere werden getötet, manchmal nur betäubt oder gelähmt. Metalle (gute Leiter) werden oft geschmolzen, schlechte Leiter (trockenes Holz, Mauerwerk, Stroh, Heu) zerstört (kalter Schlag) oder entzündet (heißer Schlag).

c) Um sich vor den verheerenden Wirkungen des Blitzes zu schützen, macht der Mensch Gebrauch von der Wirkung der Spitzen (§ 18 *c*). Man versieht die Gebäude mit **Blitzableitern.**

Drei Hauptteile: Auffangestange, Ableitung und Bodenplatte. Die Auffangestange ist aus Stahl und oben zugespitzt. Damit die Spitze durch Rosten nicht stumpf wird, ist sie vergoldet oder aus Platin. Die Stange ist auf dem höchsten Punkte des Hauses angebracht; lange Gebäude müssen mit mehreren Stangen ausgerüstet werden. (Fig. 46.) — Die Ableitung besteht aus einem Drahtseil aus Kupfer, welches an der Außenseite des Hauses entlang von der Stange bis zur Bodenplatte führt. Die Verbindung der Ableitung mit der Stange muß sehr sorgfältig hergestellt werden. Warum? — Alle größeren Metallmassen des Gebäudes (Wasser- und Gasleitungen, Regenröhren) müssen mit der Ableitung in gut leitender Verbindung stehen. Warum? — Die Bodenplatte ist aus Kupfer und muß im Grundwasser oder mindestens im feuchten Erdboden liegen. Warum? — Erfahrungsgemäß schützt der Blitzableiter einen kegelförmigen Raum, dessen Grundfläche die Höhe der Stange über dem Boden als Halbmesser hat.

Fig. 46.

Auf einem mit Blitzableitern versehenen Hause kann sich keine oder nur wenig Elektrizität ansammeln, weil sie fortwährend durch die Spitze des Blitzableiters ausströmt. Da also zwischen Wolke und Haus kein Spannungsunterschied besteht, findet auch kein Ausgleich in Form eines Blitzes durch die schlecht leitende Luft hindurch statt. Sollte dennoch ein Blitzschlag die Stange treffen, so würde die Elektrizität der Ableitung folgen und sich durch die Bodenplatte im Erdreich verlieren.

Vorsichtsmaßregeln: Stelle dich nie während eines Gewitters unter einen Baum, einen Haufen Garben oder Heubündel, kurz nie unter Gegenstände, die auf freiem Felde hervorragen! — Zünde zu Hause oder auf dem Felde kein Feuer an, denn Rauch ist ein guter Leiter! — Im Hause bleibe von eisernen Röhren, Öfen, größeren Spiegelrahmen, Hängelampen fern! — Öffne ein Fenster, damit sich die Luft im Zimmer abkühle; vermeide aber den Zug und stelle dich nicht an das offene Fenster!

§ 21. Der elektrische Strom.

a) Man kann Elektrizität nicht nur durch Reibung, sondern auch durch chemische Vorgänge hervorrufen. — Legt man ein Stück Zink in eine sehr saure Flüssigkeit (mit Wasser verdünnte Schwefelsäure), so löst sich das Metall auf, und die Flüssigkeit wird warm.

In einen mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Becher werden eine Zink- und eine Kupferplatte gestellt, und an dem freien Ende jeder Platte befestigt man einen Kupferdraht. Diese Vorrichtung nennt man **elektrisches Element**, weil es elektrische Wirkungen hervorbringen kann. Zum Beweise wickelt man den einen Draht um den metallenen Stiel einer Feile und streicht mit dem Ende des anderen Drahtes über die Rippen derselben hinweg. Man sieht kleine Funken überspringen.

Wenn sich Zink in verdünnter Schwefelsäure auflöst, so entsteht nicht nur **Wärme**, sondern auch **Elektrizität**. Mit einem sehr empfindlichen Elektroskope läßt sich nachweisen, daß das freie Ende der Kupferplatte positiv, dasjenige der Zinkplatte negativ elektrisch ist. Das erste heißt deswegen + Pol, das zweite — Pol. Zwischen beiden Polen besteht also eine Spannungsdifferenz (§ 19). Verbindet man nun beide Pole durch einen Kupferdraht (Fig. 47), so findet ein Ausgleich der beiden Elektrizitäten statt. Solange Zink und Schwefelsäure vorhanden sind, dauert auch die elektrische Ausgleichung, und so wird sich fortwährend + Elektrizität durch die Flüssigkeit zur Kupferplatte und durch den Draht zur Zinkplatte fortpflanzen. Der ganze Vorgang erinnert an einen Wasserstrom, der von einem hochgelegenen Punkte (Kupferplatte) zu einem tiefer liegenden (Zinkplatte) fließt, und man spricht deswegen von einem **elektrischen Strom.**

Fig. 47.

In jedem elektrischen Elemente fließt der Strom vom + Pol zu dem — Pol.

b) Es gibt verschiedene Arten von elektrischen Elementen. Alle enthalten eine Zinkplatte (— Pol); die Kupferplatte wird oft durch eine Kohlenplatte ersetzt.

Die bekanntesten Elemente sind:

1. **Bunsens Chromsäureelement.** (Fig 48.) Es besteht aus einer Zink- und einer oder zwei Kohlenplatten; die Platten stehen in einer Lösung von doppeltchromsaurem Kalium in Schwefelsäure. Dem Gefäß gibt man meist die Flaschen-

form. Die Zinkplatte ist an einer Stange befestigt und kann nach dem Gebrauch aus der Flüssigkeit gehoben werden. — 2. Meidingers Element. Auf dem Boden eines Glasgefäßes steht ein Kupferbecher *P*, darüber ein Zinkzylinder *Z*. Der untere Teil des Gefäßes enthält eine Lösung von blauem Kupfervitriol, das Zink hängt in einer farblosen Lösung von Bittersalz. Da diese zweite Lösung ein geringeres spezifisches Gewicht als die erste hat, so schwimmt sie auf derselben, ohne sich mit ihr zu vermischen. Es ist das Telegraphenelement. — Der Kupferbecher wird häufig durch eine verkupferte Bleiplatte ersetzt. Ist das Element in Tätigkeit, so scheidet sich das Kupfer der Kupfervitriollösung aus und schlägt sich auf dem Becher *P* nieder. Dadurch wird die Lösung immer ärmer an Kupfer, und der Strom wird schwächer. Um die Lösung stets konzentriert (dunkelblau) zu erhalten, setzt man eine mit Kupfervitriolkristallen gefüllte Flasche so auf das Element, daß der Flaschenhals fast bis auf den Boden des Gefäßes reicht. In dem Maße nun als sich aus der blauen Lösung Kupfer ausscheidet, wird aufs neue Kupfervitriol in der Flasche aufgelöst. — 3. Das Leclanché-Element enthält einen hohlen Zinkzylinder, in welchem ein anderer aus Kohle und Braunstein steht; die Flüssigkeit ist eine Lösung von Salmiak. Von Zeit zu Zeit muß das verdunstete Wasser durch Nachfüllen ersetzt werden. Dieses billige Element wird hauptsächlich im Hause und bei Telephonanlagen verwendet. Ist die Flüssigkeit durch einen feuchten Teig, der die Salmiaklösung in seinen Poren enthält, ersetzt, so hat man ein **Trockenelement.**

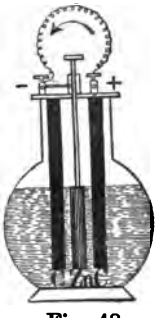


Fig. 48.

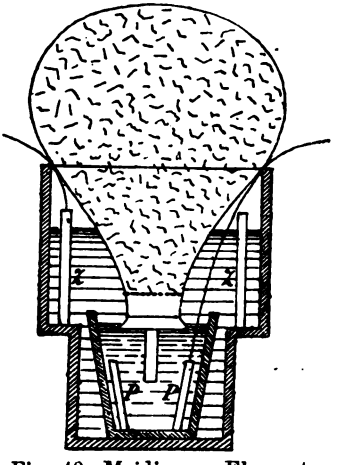


Fig. 49. Meidingers Element.

c) Der elektrische Strom läßt sich durch Eisen- oder Kupferdrähte beliebig weit fortleiten, selbst über die höchsten Berge und durch die tiefsten Meere. Solche Leitungen sind die bekannten Telegraphen- und Telephondrähte sowie die Drähte, die zu den elektrischen Lampen und Klingeln führen.

Wie ist die Isolierung an den Telegraphenstangen, wie die der Hausleitungen eingerichtet?

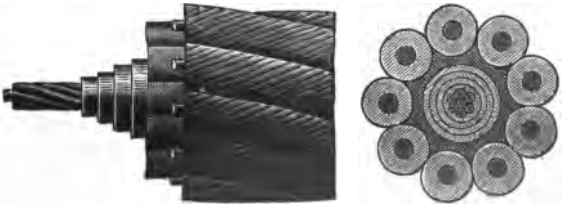


Fig. 50.

Die unterirdischen und unterseeischen Leitungen heißen **Kabel.** Die leitenden Kupferdrähte sind durch Guttapercha isoliert und durch eine geteerte Umwickelung aus Schnüren, Eisendrähten und zuletzt durch einen Asphalt- oder Bleimantel geschützt. (Fig. 50.) Zum Legen der Seekabel sind besonders eingerichtete Schiffe nötig. — Um die Landkabel bequem an den Ort, wo sie in die Erde versenkt werden sollen, bringen zu können, werden sie auf große Holztrommeln aufgewickelt.

d) Die Pole mehrerer Elemente können miteinander verbunden werden. Eine solche Zusammenstellung von Elementen nennt man elektrische **Batterie.**

Wird der + Pol des 1. Elementes mit dem — Pol des 2., der + Pol

des 2. Elementes mit dem — Pol des 3. u. s. f. verbunden, so sagt man, die Elemente sind **hintereinander geschaltet.** (Fig. 51.) Durch diese Schaltung erhält der Strom eine Spannung, die höher ist als die des Stromes eines einzelnen Elementes; sie wächst mit der Anzahl der Elemente.

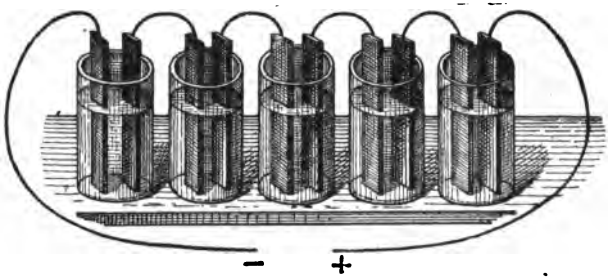


Fig. 51.

Wiederhole z. Vgl. den Versuch von § 21 *a*! Bringt man die Enden der beiden Leitungsdrähte in Berührung und entfernt sie dann voneinander, so entsteht zwischen ihnen ein kleiner Funken.

Man kann auch sämtliche + Pole und — Pole miteinander verbinden; die Elemente sind dann **nebeneinander** oder **parallel geschaltet.** Der Strom besitzt in diesem Falle dieselbe Spannung wie die des Stromes eines einzelnen Elementes; die Stromstärke (§ 31) ist aber größer geworden. Man verwendet diese Schaltung besonders bei den Versuchen von § 22 *d*, § 23 *a*, § 30 und § 108.

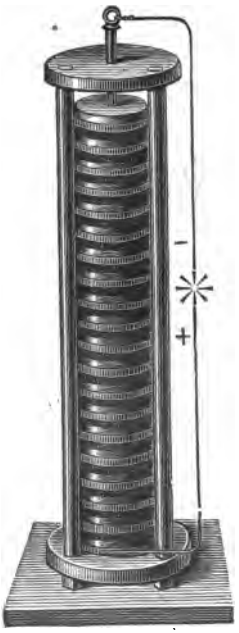


Fig. 52.

e) Der elektrische Strom hat mannigfaltige und sehr wichtige Anwendungen gefunden, weil er sich bequem beliebig weit fortleiten läßt. Von Tag zu Tag nimmt seine Bedeutung für das bürgerliche, industrielle und Verkehrsleben zu.

f) **Geschichtliches.** Gegen Ende des 18. Jahrhunderts lebte in Bologna ein Arzt, **Galvani**, der sich mit der Einwirkung der Elektrizität auf tote Körper beschäftigte. Er fand, daß frisch getötete Frösche in der Nähe der Elektrisiermaschine zuckten, wenn Funken aus dem Konduktor gezogen wurden. Als er Froschschenkel auf einem Kupferdrahte aufreihte und diesen Draht zufällig an ein eisernes Gitter hing, bemerkte er, daß in dem Augenblick der Berührung der beiden Metalle die Froschschenkel zuckten. Er glaubte, in den Tieren eine besondere Lebenskraft, die elektrischer Natur sei, gefunden zu haben. — **Volta** in Pavia trat dieser Ansicht entgegen und zeigte, daß die Berührung zweier verschiedener Metalle genüge, um Elektrizität zu erzeugen. Er bewies die Wahrheit seiner Behauptung mit Hülfe der von ihm im Jahre 1800 erfundenen Säule. (Fig. 52.) Sie bestand aus kreisrunden Scheiben von Kupfer und Zink und aus Filzlappen, welche mit Schwefelsäure getränkt waren. Auf einem Glasfuße lag zunächst eine Kupferscheibe, dann folgte ein Filzlappen, darauf eine Zinkscheibe, eine Kupferscheibe etc. Die oberste Scheibe war aus Zink. Bei Entfernung der beiden Drahtenden nach vorhergegangener Berührung entstand ein Funken. — Da die Filzlappen bald austrockneten, ersetzte man sie durch Becher, in welchen die Platten standen.

g) Der elektrische Strom einer Batterie besitzt nicht die hohe Spannung der Ladungen einer Elektrisiermaschine; infolgedessen sehen wir auch nicht bei Annäherung der beiden Drahtenden große, knallende Funken entstehen. Der Strom

folgt den Drahtleitungen selbst bei feuchtem Wetter oder bei geringer Isolation. Es bleibt Voltas unsterbliches Verdienst, diesen Strom erfunden zu haben und somit der Schöpfer eines neuen Gebietes menschlicher Arbeit, der Elektrotechnik, geworden zu sein.

§ 22. Die elektrische Beleuchtung.

a) Die zwischen den Poldrähten einer Batterie überspringenden Funken besitzen nur geringe Leuchtkraft. Schaltet man aber in den Stromkreis zwei zugespitzte Kohlenstifte ein, so entsteht zwischen denselben ein grelles Licht. Wendet man einen sehr starken Strom an, so kann das auf diese Weise erzeugte Licht eine Leuchtkraft erreichen, welche diejenige aller andern künstlichen Lichtquellen übertrifft.

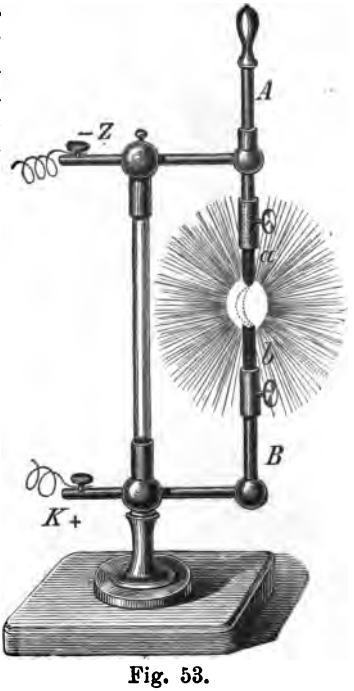


Fig. 53.

Je länger der Strom von dem einen Kohlenstift auf den andern überspringt, desto mehr höhlt sich der positive Stift aus, und desto größer wird die Entfernung der beiden Enden. Schützt man das Auge durch ein dunkelgefärbtes Vergrößerungsglas, so sieht man zwischen den beiden Kohlenstiften einen **Lichtbogen.** (Fig. 54.) Der Strom reißt von dem positiven Pol feine Kohlenstäubchen mit, und so erklärt sich die Aushöhlung desselben und die Vergrößerung der Entfernung. Diese Kohlenstäubchen gelangen in dem Lichtbogen zur höchsten Weißglut und strahlen deshalb ein sehr grelles, weißes Licht aus.

Da der Zwischenraum schließlich so groß wird, daß der Strom nicht mehr überspringen kann, so müssen die beiden Kohlenstifte mit isolierenden Handhaben versehen sein, um sie einander allmählich nähern zu können. (Fig. 53.)

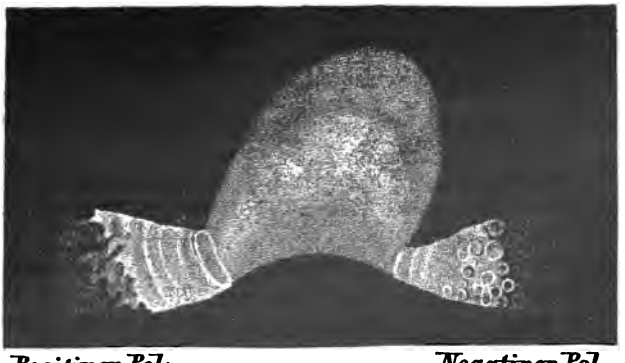


Fig. 54.

b) Die elektrische Lampe — wegen des Lichtbogens auch **Bogenlampe** genannt — enthält zwei Kohlenstifte (Retortenkohle), die zur Dämpfung des grellen Lichtes mit einer Milchglaskugel umgeben sind. (Fig. 55.) In einer Metallhülse über der Kugel ist

eine eigentümliche Vorrichtung angebracht, durch welche der Strom selbst die Entfernung der beiden Spitzen fortwährend reguliert. — Die Bogenlampe wird wegen ihrer außerordentlich großen Leuchtkraft vielfach zur Beleuchtung von Straßen, Plätzen, Bahnhöfen, Schiffen, Kaufläden, Konzertsälen verwendet. Als **Scheinwerfer**, mit einem das Licht zurückwerfenden Hohlspiegel versehen, findet sie auf Leuchttürmen, Schiffen und im Festungskrieg Anwendung.

c) Das Bogenlicht ist die billigste Form der elektrischen Beleuchtung, und deshalb wird es heutzutage überall, wo Elektrizitätswerke eingerichtet werden können, zur Beleuchtung von Straßen und Plätzen verwendet. Störend wirkt nur die blauweiße, für das Auge unangenehme Farbe des Lichtes. Die Ursache dieser Erscheinung ist eine blaue Hülle aus glühendem Kohlenoxydgas, die den Flammenbogen umgibt. Wenn auch die Leuchtkraft des Kohlenoxydes nicht groß ist, so genügt sie doch, um die unangenehme, dem Auge hart erscheinende bläuliche Färbung hervorzubringen. In den Straßen der Städte sieht man jetzt häufig Bogenlampen, die ein schönes gelbes oder rötliches, sehr helles Licht ausstrahlen, die **Bremerlampen.** Der Erfinder, Ingenieur Bremer, versieht die Kohlenstäbe mit einem Kern, der aus gewissen Metallverbindungen besteht. Diese verdampfen im Flammenbogen und verdecken vermöge der starken Leuchtkraft der Dämpfe das bläuliche Licht. Enthalten die Kohlenstäbe einen Kern aus Flußspat, so hat das Licht eine prachtvolle gelbe Farbe; ein Kern aus einer Verbindung des Metalles Strontium mit Fluor gibt ein schönes, sehr helles rötliches Licht; ähnliche Verbindungen der Metalle Cer und Thorium färben das Licht rein weiß. — Die **Liliputbogenlampen** von Siemens haben sehr dünne Kohlenstifte. Mit diesen hübschen kleinen Lampen wird eine ziemlich weitgehende Teilbarkeit des Bogenlichtes erreicht.

Fig. 55.

Die Bogenlampe mit Selbstregulierung (Differentiallampe) wurde 1878 von Werner **v. Siemens** und seinem Mitarbeiter **v. Hefner-Alteneck** erfunden.

d) Zur Beleuchtung der Wohnzimmer und kleiner Räume wendet man eine andere Art elektrischer Lampen an, die auf folgender Wirkung des Stromes beruht. Verbindet man die Poldrähte einer starken Batterie durch einen sehr dünnen Eisendraht, so wird derselbe bald warm und glühend. — **Beim Durchgang durch einen sehr dünnen Leiter erzeugt der elektrische Strom Wärme und Licht.**

Erklärung: Wenn das Bett eines Wasserstromes plötzlich enger wird, so hat der Strom einen größeren Widerstand zu überwinden; infolgedessen entsteht auch eine stärkere Reibung, welche man an der Abwaschung und Zerstörung der Ufer erkennen kann. Die Reibung ist aber eine Wärmequelle. Ein dünner Draht setzt dem elektrischen Strom ebenfalls einen großen Widerstand entgegen; hierdurch wird Wärme erzeugt, und diese kann so gesteigert werden, daß der Draht glühend wird und schließlich schmilzt.

e) Auf dieser Wirkung des Stromes beruht die **Glühlampe,** welche 1879 von dem Amerikaner **Edison,** einem genialen Erfinder auf dem Gebiete der Elektrotechnik, erfunden wurde.

Fig. 56.

Die Glühlampe (Fig. 56) besteht aus einem birnförmigen **luftleeren** Glasgefäße. In den unteren Glasverschluß sind zwei Platindrähte eingeschmolzen, welche durch einen sehr **dünnen Kohlenfaden** verbunden sind. Kohle ist ein ziemlich schlechter Elektrizitätsleiter, und somit bietet der dünne Kohlenfaden dem Strom einen großen Widerstand; er erglüht beim Durchleiten des Stromes und strahlt ein ruhiges, gelbliches, dem Auge angenehmes Licht aus.

Warum muß das Gefäß luftleer sein? — Ein Platindraht dehnt sich bei der Erwärmung fast gar nicht aus. Warum darf man in den Glasverschluß keine Kupferdrähte einschmelzen? — Zur Herstellung des gebogenen Kohlenfadens benutzte man zuerst Bambusfasern, jetzt einen plastischen, verkohlbaren Teig, aus welchem Fäden gepreßt werden. — Im Durchschnitte soll eine Glühlampe eine Dauer von 1000 Brennstunden haben. — Am meisten werden solche von 16—20 Kerzen Stärke angewendet.

f) Die Glühlampen mit Kohlenfaden haben den Nachteil, daß sie viel Strom verbrauchen und daß mit der Zeit der Faden zerstäubt. Der feine Kohlenstaub setzt sich an der Glaswand fest und beeinträchtigt die Leuchtkraft. Es ist deshalb versucht worden, die Kohle durch sehr schwer schmelzbare Metalle zu ersetzen, und diese Versuche haben zu guten Ergebnissen geführt. Das Osmium, ein dem Platin ähnliches Metall, ist auch bei höchster Temperatur unschmelzbar. Der Erfinder der Gasglühkörper Auer v. Welsbach hat eine **Osmiumlampe** hergestellt und in den Handel gebracht, deren Faden aus reinem Osmium besteht und bei niedriger Spannung und geringem Stromverbrauch ein schönes Licht ausstrahlt. Wegen ihres hohen Preises und weil sie nur bei einer Höchstspannung von 55 Volt (die Lichtströme in den Städten haben wegen der weitverzweigten Leitung eine bedeutend höhere Spannung) gebraucht werden kann, hat diese Lampe wenig Verbreitung gefunden. — Bekannter ist schon die **Tantallampe,** deren in vielen Schleifen in der Glasbirne aufgehängter Faden aus dem seltenen Metalle Tantal

Fig. 57.

besteht. Sein Schmelzpunkt liegt weit über 2000°. Da das Metall ein guter Leiter ist, muß der Faden lang (daher das Aufhängen in Schleifen) und sehr dünn sein. Aus 1 *kg* Tantal kann man Fäden für 45000 Lampen herstellen. — In letzter Zeit haben sich die **Osramlampen** vielfach eingebürgert. Der Glühfaden, der wie bei der Tantallampe in mehrfachen Schleifen in der Birne aufgehängt ist, besteht aus einer Legierung von Osmium und Wolfram, daher der Name Osram (erste Silbe des ersten Wortes und zweite Silbe des zweiten Wortes). Das Wolfram ist ein graues, glänzendes Metall, das in seltenen, im Harze vorkommenden Erzen enthalten ist und zur Gewinnung einer sehr harten Stahlsorte oft verwendet wird. Da die Legierung von Osmium und Wolfram ein guter Elektrizitätsleiter ist, muß der Glühfaden wie bei der Tantallampe lang und dünn sein; er ist nur halb so dick wie das feinste Frauenhaar. — Beide Lampen, die Tantal- und die Osramlampe, sind noch ziemlich teuer und müssen senkrecht hängen, da die Fäden sich sonst verbiegen und ein Kurzschluß entstehen könnte. Sie verbrauchen wenig Strom und liefern ein schönes, weißes Licht. Trotzdem haben sie bis jetzt die billigen Kohlenfadenlampen, die in jeder Lage brennen, noch nicht verdrängen können.

g) Ist eine Edisonsche Glühlampe einige Zeit in Betrieb, so fühlt man, daß die Glasbirne warm wird. Ein Teil der elektrischen Energie setzt sich also in Wärme um und geht somit für die Lichtentwickelung verloren. Eine ideale elektrische Lampe wäre eine solche, in welcher sich die ganze elektrische Energie in Licht umsetzt; sie müßte also gar keine Wärme ausstrahlen. Diesem Ideal kommt die von Prof. Nernst in Göttingen erfundene und von der „Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin“ (kurz: A. E.-G.) hergestellte Lampe **(Nernstlampe)** nahe. Da der glühende Kohlenfaden kein großes Lichtausstrahlungsvermögen besitzt, nahm Nernst als Glühkörper Oxyde seltener Metalle (Thor, Cer), welche bei Weißglut viel Licht ausstrahlen. Dieser Glühkörper ist also ähnlich zusammengesetzt wie der Glühstrumpf der Auerlampe (§ 94 *c*). Bei gewöhnlicher Temperatur ist der aus diesen Metalloxyden hergestellte Glühkörper ein sehr schlechter Leiter des Stromes; bei 700° aber wird er zu einem guten Leiter.

Die Einrichtung einer Nernstlampe zeigt Fig. 58. Äußerlich gleicht sie einer Bogenlampe: Milchglaskugel *F* mit Metallhülse *A*. Im Innern sieht man den senkrecht hängenden Glühkörper *D*, umgeben von einer Spirale *E*. Diese Spirale aus Porzellan birgt in ihrem Hohlraum einen feinen Platindraht, der wie der Glühkörper in die Stromleitung eingeschaltet ist. Wird der Strom geschlossen, so geht er, da der Glühkörper ihm einen großen Widerstand entgegensetzt, zunächst durch den Platindraht und bringt ihn zum Glühen. Die Porzellanspirale kommt auch bald

ins Glühen und erwärmt den Glühkörper so stark, daß der Strom jetzt durch ihn hindurchgeht und ihn in greller Weißglut erstrahlen läßt. In der Metallhülse *A* ist eine einfache Vorrichtung (Elektromagnet) untergebracht, welche die Spirale selbsttätig ausschaltet.

In vielen Städten sieht man schon jetzt Nernstlampen, die mit ihrem hellen, aber für die Augen sehr angenehmen Lichte Läden, Schaufenster und Säle beleuchten. Da die elektrische Kraft in diesen Lampen fast vollständig zur Lichtentwickelung ausgenützt wird, die Wärmeentwickelung also stark verringert ist, so ist ihr Betrieb bedeutend billiger (bei gleicher Lichtmenge 50% Preisersparnis) als der der gewöhnlichen Glühlampe.

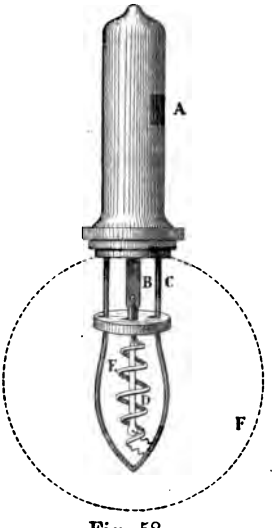


Fig. 58.

h Die elektrische Beleuchtung besitzt andern Beleuchtungsarten gegenüber große Vorzüge: 1. Es entstehen keine giftigen Gase; 2. die ausgestrahlte Wärme ist so gering, daß man durch sie nicht belästigt wird; 3. Explosionen, wie sie so häufig bei Gas- und Petroleumbeleuchtung vorkommen, sind völlig ausgeschlossen; 4. bei richtiger Anlage ist Feuersgefahr nicht zu befürchten; 5. das elektrische Licht ist unabhängig vom Wetter; 6. die Glühlampe kann unter Wasser brennen und auch da verwendet werden, wo feuergefährliche Stoffe sind; 7. beim weißen Licht der Bogenlampe erkennt man genau die verschiedenen Farben. Bei dem gelben Licht des Leuchtgases oder Petroleums kann man bekanntlich grün und blau nicht unterscheiden; 8. die Glühlampen verlangen keine Besorgung, in den Bogenlampen braucht man täglich nur die Stifte zu erneuern; 9. das Entzünden geht leicht vonstatten; durch Drehen eines Knopfes wird der Strom geschlossen.

i) Verbindet der Leitungsdraht die beiden Pole, so daß der Strom hindurchfließen kann, so sagt man, der Strom ist **geschlossen**; im entgegengesetzten Fall ist er **offen**. — Manchmal entsteht bei schlechter Isolierung der nahe beieinander liegenden Drähte ein **Kurzschluß**. Der Strom geht nicht durch die in einem Hause angebrachten Lampen, sondern unmittelbar von einem Leitungsdraht auf den andern über. Die Drähte werden glühend, da der Strom, der ja für den großen Widerstand, den die Lampen bieten, berechnet war, jetzt viel zu stark ist. Befinden sich in der Nähe leicht entzündbare Stoffe, so kann durch Kurzschluß leicht ein Brand entstehen. Um das Glühendwerden der Drähte zu verhüten, ist der eine bei der Eintrittsstelle in das Haus unterbrochen, und die beiden Enden werden durch einen Bleidraht verbunden, der bei zu großer Stromstärke schmilzt, bevor die Kupferdrähte glühend geworden sind (Bleisicherung). Sämtliche Lampen im Hause erlöschen dann sofort. Durch Einsetzen eines neuen Bleidrahtes wird die Leitung wieder hergestellt.

Zur Beleuchtung wendet man nicht den Batteriestrom an. Dieser wäre zu teuer, da ja in der Batterie Zink aufgelöst (verbrannt) wird, welches höher im Preise steht als Petroleum und Leuchtgas. Der Strom wird von besonderen elektrischen Maschinen (Dynamomaschinen, § 29) geliefert.

Die Wärmewirkung des Stromes findet noch beim Sprengen von Minen, beim Löten und Schweißen von Metallen und in besonders hergerichteten Kochapparaten Verwendung.

§ 23. Der Magnetismus.

a) Um einen Stab von **weichem Eisen** (Schmiedeeisen) ist ein isolierter Kupferdraht gewickelt. Durchfließt der Strom diesen Draht, so wird in dem Eisen eine Kraft erregt, die imstande ist, andere Eisenstücke anzuziehen und festzuhalten. Sie wirkt am stärksten an den beiden Endpunkten des Stabes; diese werden **Pole** genannt.

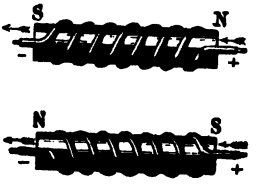


Fig. 59.

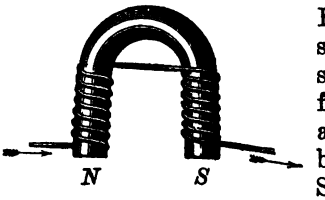


Fig. 60.

Dieser Kraft hat man den Namen **Magnetismus** gegeben. Den mit dem Kupferdraht umwickelten Eisenstab nennt man **Elektromagnet**, weil er durch den elektrischen Strom magnetisch geworden ist. (Fig. 59.)

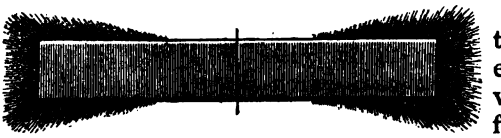


Fig. 61.

Der elektrische Strom erregt in einem von ihm umflossenen Eisenstab Magnetismus.

Wird der Strom unterbrochen, so fallen augenblicklich die an dem Pol hängenden Eisenstückchen ab.

Der Elektromagnet ist nur so lange magnetisch, als er vom elektrischen Strom umflossen wird.

Damit beide Pole zu gleicher Zeit auf dasselbe Eisenstück, den **Anker**, wirken können, gibt man dem Elektromagnet die Gestalt eines Hufeisens. (Fig. 60.)

Fig. 62.

Wird nun der Strom abwechselnd geschlossen und geöffnet, so wird der Anker beim Schließen angezogen, um bei dem darauf folgenden Öffnen sofort wieder abzufallen. Der Elektromagnet stellt somit eine leicht zu handhabende Maschine dar, die vielfach Anwendung gefunden hat.

b) Ersetzt man den Stab aus weichem Eisen durch einen gehärteten **Stahlstab**, so wird derselbe unter dem Einfluß des elektrischen Stromes, der ihn umfließt, ebenfalls magnetisch. Öffnet man den Strom, so verliert der Stahlstab seinen Magnetismus nicht. — **Stahl wird durch einen ihn umfließenden Strom dauernd magnetisch.**

Ein solcher Magnet wird kurzweg Magnet oder Magnetstab, auch Stahlmagnet genannt. Legt man ihn in Eisenfeilspäne, so erkennt man die Lage der beiden Pole. (Fig. 61.) Zwischen den Polen ist eine Stelle, die gar keinen Magnetismus besitzt. Um die Anziehungskraft beider Pole zu gleicher Zeit benutzen zu können, gibt man auch dem Stahlmagnet häufig die Hufeisenform. (Fig. 62.)

Gib den Unterschied zwischen einem Elektromagnet und einem Stahlmagnet an! — Merke: Die magnetische Kraft eines Elektromagnetes hängt von der Stärke des Stromes ab!

c) Ein leichtes Magnetstäbchen, welches mit seinem Mittelpunkt auf einer Nadelspitze ruht, so daß es sich frei drehen kann, heißt **Magnetnadel.**

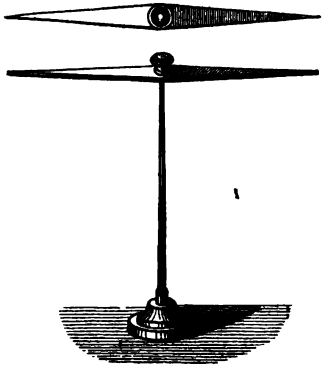
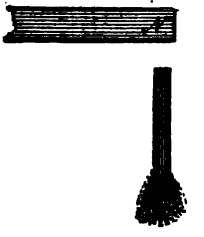


Fig. 63.

Dieselbe zeigt mit dem einen Pole immer nach Norden; deswegen trägt dieser Pol den Namen **Nordpol,** der andere heißt **Südpol.** — **Ein freischwebender Magnet nimmt immer die Nord-Südrichtung an.** (Fig. 63.)



Nähert man dem Nordpol der Magnetnadel den gleichnamigen Pol eines Magnetstabes, so findet **Abstoßung** statt. Der Südpol des Stabes wirkt hingegen anziehend auf den Nordpol der Nadel. — Stelle dieselben Versuche mit dem Südpol der Nadel an! **Gleichnamige Pole stoßen sich ab, ungleichnamige Pole ziehen sich an.**

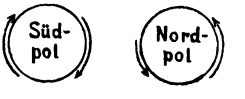


Fig. 65.

Zur Bestimmung der Pole eines Elektromagnetes (Fig. 59) nähert man den beiden Enden eine freischwebende Magnetnadel. Es ergibt sich: **Der Pol eines Elektromagnetes, um den der Strom in der Uhrzeigerrichtung fließt, ist der Südpol.** (Fig. 65.)

d) Das Gesetz der Anziehung und Abstoßung magnetischer Pole erinnert an das Gesetz der Anziehung und Abstoßung der beiden Elektrizitätsarten. Nord- und Südmagnetismus verhalten sich zueinander wie positive und negative Elektrizität. — Wie ein elektrischer Körper verteilend auf einen unelektrischen einwirkt (§ 18), so ruft auch ein Magnet in einem nichtmagnetischen Eisenstück (d. h. in einem Eisenstück, welches beide Magnetismen gemischt enthält) eine Verteilung hervor. Fig. 66 zeigt die Anordnung der Magnetismen in den verschiedenen Eisenstäbchen und die Lage der Pole.

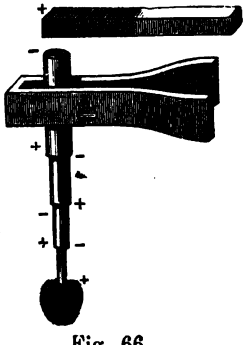


Fig. 66.

Die Nordpole sind mit +, die Südpole mit — bezeichnet. — Erkläre Fig. 64!

Jeder Magnet ruft in einem unmagnetischen Eisenstück eine magnetische Verteilung hervor. Der ungleichnamige Magnetismus wird angezogen, der gleichnamige abgestoßen.

Aus dieser Übereinstimmung von Magnetismus und Elektrizität, **ferner aus der Erzeugung** magnetischer Kraft durch Elektrizität (*a*) und — wie später gezeigt werden wird (§ 29) — aus der Entstehung

elektrischer Kraft durch Magnetismus schließt man, daß der Magnetismus nur eine besondere Erscheinungsform der Elektrizität ist.

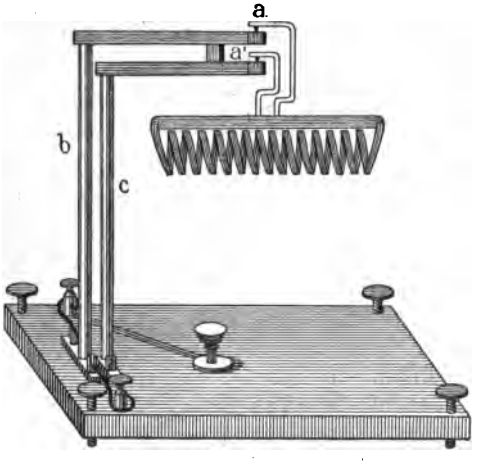


Fig. 67.

e) Diese Verwandtschaft zwischen Magnetismus und Elektrizität wird auch durch folgende Versuchsreihe bewiesen:

1. Eine Drahtspirale (Solenoid) aus Aluminiumdraht wird so aufgehängt, daß sie sich frei in einer horizontalen Ebene drehen kann. Wird sie von einem Strom durchflossen, so stellt sie sich mit der Längsachse in die Nordsüdrichtung, verhält sich also wie ein freischwebender Magnet. (Fig. 67.)

Um den Strom zuleiten zu können, hängt die Spirale mit 2 Spitzen in zwei kleinen, mit Quecksilber gefüllten Näpfchen *a* und *a'* an den Enden der rechtwinkelig gebogenen Kupferstangen *b* und *c*. Gib den Weg des Stromes an!

2. Nähert man dem vom Strom durchflossenen Solenoid den Nordpol eines Magnetes, so wird das Ende, das vom Strom in der Uhrzeigerrichtung umflossen wird, angezogen, das andere abgestoßen.

Wiederhole den Versuch mit dem Südpol eines Magnetstabes!

Ein von einem Strom durchflossenes Solenoid verhält sich wie ein Magnet.

In einem Solenoid sind die Ströme der einzelnen Windungen gleichgerichtet. Daraus schloß Ampère: **Ein Magnet ist ein Eisenstab, der an seinem Umfange von gleichgerichteten Kreisströmen umflossen wird.**

Fig. 68.

Gib die Stromrichtung am Nord-, am Südpol an!

3. Steht eine Drahtspule senkrecht und ragt von unten her ein leichtes Eisenröhrchen in den inneren Hohlraum, so wird, wenn der Strom geschlossen ist, das Eisenröhrchen in den Hohlraum hineingezogen. Bei Öffnung des Stromes fällt es wieder herab.

Wiederhole den Versuch, indem du das Eisenröhrchen an einem elastischen Gummifaden so aufhängst, daß es von oben in den Hohlraum hineinragt.

Durch diese Annahme (Theorie) Ampères lassen sich die Erscheinungen des Elektromagnetismus leicht erklären.

f) **Geschichtliches.** — Der Magnetismus war in alter Zeit schon bekannt. Der Sage nach hatte man in der Nähe der Stadt Magnesia in Kleinasien Eisenerze gefunden, an welchen man zuerst die Eigenschaft, Eisen anzuziehen, erkannte. Daher soll der Name Magnet kommen. Magneteisenerz findet sich in vielen Bergwerken vor, besonders in Schweden. — Der Gebrauch des Magnetes zur Orientierung stammt

aus China; die Chinesen hatten mit einem freischwebenden Magnet nicht nur ihre Schiffe, sondern auch ihre Wagen bei Reisen durch ihr ausgedehntes Land ausgerüstet. — Im Anfang des 19. Jahrhunderts entdeckte Oerstedt zufällig die magnetische Wirkung des elektrischen Stromes. Der Leitungsdraht einer Batterie lag neben einer Magnetnadel, und es fiel Oerstedt auf, daß die Nadel nicht mehr nach Norden zeigte. Zur genauen Ausführung des Versuches wendet man den Apparat in Fig. 69 an. Der Strom

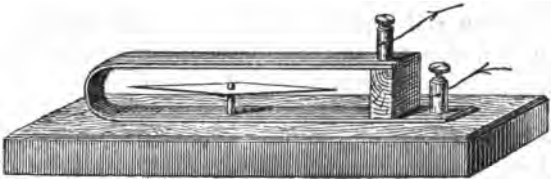


Fig. 69.

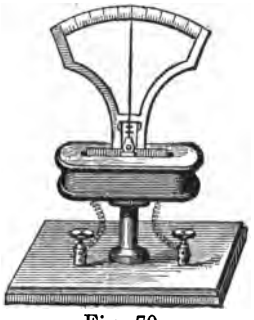


Fig. 70.

kann durch den gebogenen Leiter über und unter der Magnetnadel vorbeigeführt werden. Merke auf die Richtung des Ausschlages! Wechsle die Pole und beobachte jetzt den Ausschlag! — Auf der ablenkenden Wirkung des Stromes auf die Magnetnadel beruht ein empfindliches Instrument, das **Galvanometer**, mit welchem man sehr schwache Ströme erkennen kann. (Fig 70.) Der Rahmen ist mit einem isolierten Kupferdraht vielfach umwickelt. In dem Rahmen schwebt wie ein Wagebalken ein Magnetstab. Der senkrechte Zeiger ist mit diesem Stab verbunden und zeigt deutlich die geringsten Ausschläge an.

g) **Erdmagnetismus.** Untersucht man mit einer Magnetnadel eiserne Gitter, Fensterverschlüsse, die schon längere Zeit angebracht sind, so sieht man, daß sie auch **magnetisch** geworden sind. Aus dieser Beobachtung, sowie aus der eigentümlichen Richtung (Nord-Süd) der Magnetnadel schließt man, daß die **Erde** selbst ein großer **Magnet** mit einem südlichen und nördlichen Magnetpole sein muß.

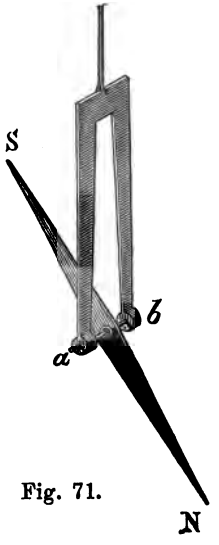


Fig. 71.

Zur Bestimmung der Lage der magnetischen Pole gebraucht man eine Magnetnadel, die um eine wagerechte Achse drehbar ist. (Fig 71.) Je weiter man nach Norden kommt, desto mehr senkt sich die Nordspitze nach unten. Warum? Welche Stellung nimmt sie ein, wenn man auf dem magnetischen Pol steht?

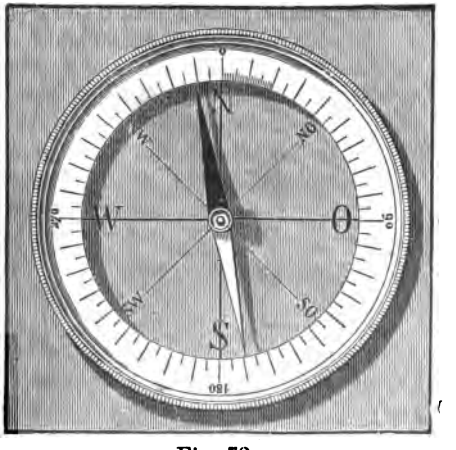


Fig. 72.

Den Winkel, den die Nadel mit der Horizontalen bildet, nennt man **Inklination**, die Nadel **Inklinationsnadel**.

Kapitän **Roß** entdeckte 1831 den nördlichen Magnetpol auf der Halbinsel Boothia Felix im Norden Amerikas. 10 Jahre später wurde der südliche Magnetpol auf dem Polarlande südlich von Australien gefunden.

Da der nördliche Magnetpol nicht auf dem geographischen Nordpol der Erde liegt, so zeigt die Magnetnadel nicht genau nach Norden, sondern nach einem Punkte, der ein wenig westlich davon liegt. Den Winkel, den die Nadel mit der genauen Nord-Südlinie (Meridian) bildet, nennt man **Deklination.** (Fig. 72.)

Die Magnetnadel ist schon seit langen Jahren das wichtigste Richtungsinstrument geworden, um sich auf den langen Reisen über das Meer und durch fremde Länder zurechtzufinden. Weiß man, wo Norden liegt, so lassen sich leicht die andern Himmelsgegenden bestimmen. — Um die Magnetnadel auf Reisen leicht handhaben zu können, wird sie freischwebend in einer Kapsel aus Messing untergebracht (**Kompaß**). (Fig. 72.) Der Deckel der Kapsel ist aus Glas und ermöglicht eine ungehinderte Beobachtung der Nadel. — Erkläre die Einrichtung und den Gebrauch der Windrose! — Beim Schiffskompaß trägt die Nadel die Windrose, so daß beide sich miteinander drehen; warum ist diese Einrichtung praktisch? — Darf die Kapsel auch aus Eisen verfertigt sein?

Welche Richtung zur Schiffsachse hat die Nadel und nach welchem Teil des Schiffes zeigt die Nordspitze, wenn das Schiff von Wilhelmshafen nach Helgoland, von Edinburgh nach dem Skager Rack, vom Bombay nach Aden, von Marseille nach Bona, von Ceuta nach Gibraltar fährt?

§ 24. Die Haustelegraphie.

a) Der Elektromagnet hat den Vorzug vor andern Einrichtungen, daß er weit von der Kraftquelle (Batterie) aufgestellt werden kann. Die Menschenkraft muß unmittelbar an der Nähmaschine angreifen, um sie in Bewegung zu setzen; ebenso ist es beim Spinnrad, bei der Kaffeemühle usw. Steht eine elektrische Batterie in Berlin, ein Elektromagnet in Straßburg und sind beide leitend verbunden, so wird beim Schließen des Stromes in Berlin der Anker in Straßburg angezogen.

b) Im Hause ist der wichtigste elektromagnetische Apparat die **elektrische Klingel.** — Früher hatte man Klingelzüge, welche je nach ihrer Länge eine ziemlich große Kraft erforderten, um in Bewegung gesetzt zu werden; jetzt genügt ein leiser Druck auf einen Knopf, und die Klingel ertönt, so lange auf den Knopf gedrückt wird. **Einrichtung:** Auf einem Brettchen der Elektromagnet *g*. Der federnde Anker *d* ist in *c* befestigt und trägt einen Knopf *h*, der an die Glocke *i* schlägt, wenn der Anker angezogen wird. In der Ruhe berührt der Anker die Feder *e*.

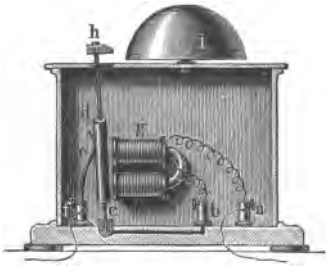


Fig. 73.

Weg des Stromes: Durch den Draht *a* um den Elektromagnet nach *b*, dann durch den Anker nach *e* und durch den Draht *f* nach der Batterie zurück. Warum wird der Anker angezogen? Jetzt ist der Strom unterbrochen; warum kehrt der Anker in seine erste Lage zurück? — Bei der Berührung des Ankers mit *e* ist aber der

Strom wieder geschlossen, was folgt also? — Gib im Zusammenhang die Wirkungsweise an!

Um den Strom willkürlich schließen und öffnen zu können, wird ein **Druckknopf** in die Leitung eingesetzt. Der von *a* kommende Strom kann nur nach *f*, von wo die Leitung weiter geht, wenn der Knopf niedergedrückt wird, weil dann der Strom durch die Spiralfeder nach *d*, *e* und *f* gelangt.

c) Eine andere Einrichtung der Haustelegraphie dient zum bequemen **Öffnen der Haustür**

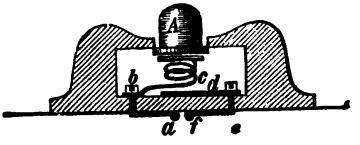


Fig. 74.

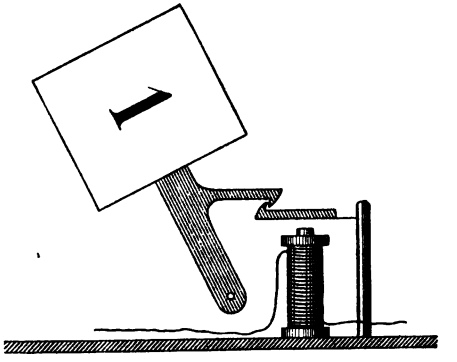


Fig. 75.

vom Innern der Wohnung aus. Der Elektromagnet liegt in dem Schlosse. — In Gasthöfen, Krankenhäusern ist ein **Meldeapparat** angebracht, der die Nummer des Zimmers anzeigt, in welchem geklingelt worden ist. Die Anker der verschiedenen Elektromagnete, die in dem Apparat verborgen sind, tragen die Nummern der Zimmer. Beim Schließen des Stromes wird der Anker angezogen, die Nummer springt hervor und wird leicht sichtbar. (Fig. 75.)

§ 25. Der Telegraph.

a) Die Menschen haben von jeher nach Mitteln gesucht, um sich unabhängig von Zeit und Raum gegenseitig Nachrichten zukommen zu lassen. — Schon im Altertum kündigte man das Herannahen einer Gefahr durch Feuerzeichen auf hohen Bergen an. Brennende Fackeln in vorher verabredeter Anzahl und Anordnung dienten ebenfalls der Mitteilung bestimmter Zeichen. Aber diese Art der Telegraphie war höchst umständlich, unzuverlässig und konnte nur nachts zur Anwendung kommen. Ein kleiner Fortschritt war der **optische Telegraph** von Chappe im Anfang des 19. Jahrhunderts. Auf Türmen oder anderen hochgelegenen Punkten war ein hoher Mast errichtet, welcher oben eine bewegliche Querstange trug; an den beiden Enden dieser Stange waren noch zwei kleinere ebenfalls beweglich angebracht. Durch verschiedene Stellungen, die man den beweglichen Teilen gab, konnten bestimmte Zeichen in die Ferne zur nächsten Station gesandt werden. Die Hebelstellungen wurden von Station zu Station nachgeahmt, und so durchflog die Nachricht die ganze Linie. Von Berlin bis zum Rhein dauerte die Beförderungszeit ungefähr 5—6 Stunden. An Stelle dieser schwerfälligen und immer noch unzuverlässigen Nachrichtenvermittelung, welche außerdem nur des Tags bei hellem Wetter möglich war, trat im Jahre 1833 die **elektro-magnetische Telegraphie.** Diese hochwichtige Erfindung verdanken wir zwei

deutschen Professoren in Göttingen, **Gauß** und **Weber**. Sie verbanden ihre beiden Arbeitsstätten, Sternwarte und physikalisches Laboratorium, mit einer Stromleitung, welche an einen Apparat, ähnlich dem der Fig. 69, angeschlossen war. Die Buchstaben des Alphabetes waren durch die Zahl und die Richtung der Ausschläge der Nadel ersetzt. — Aus diesen schwachen Anfängen entwickelte sich die heutige Telegraphie. Ein Engländer, **Wheatstone**, erfand den Zeigertelegraph. Zeichengeber und Zeichenempfänger bestanden aus einem Zifferblatt, auf dessen Umfang die Buchstaben gezeichnet waren. Bewegte man den Zeiger am Zeichengeber, so wurde durch ein Zahnrad der Strom von Buchstaben zu Buchstaben geschlossen und geöffnet. Ein Elektromagnet am Zeichenempfänger setzte ebenfalls ein Zahnrad in Bewegung, und der Zeiger dieses Apparates folgte den Bewegungen des andern Zeigers. Ein Elsässer, **Steinheil**, Professor in München, wies nach, daß die Rückleitung vom Elektromagnet zum — Pol der Batterie nicht nötig sei, sondern daß es genüge, den Strom in die Erde abzuleiten. — Der Zeigertelegraph ließ keine Kontrolle des Telegrammes zu. Diesen Mangel beseitigte ein Amerikaner, **Morse**, durch Herstellung eines Telegraphenapparates, der die empfangene Nachricht druckt. Die Buchstaben sind durch Punkte und Striche dargestellt. Dieser Apparat ist jetzt noch überall in Betrieb.

b) Der vollständige Schreibtelegraph von Morse besteht: 1. Aus dem Zeichenempfänger, 2. aus dem Zeichengeber oder Taster, 3. aus der Leitung und 4. aus der Batterie.

Der wesentlichste Bestandteil des **Zeichenempfängers** ist der aufrecht stehende, mit den Polen nach oben gerichtete Elektromagnet (*A*). Ein um seinen Mittelpunkt drehbarer Hebel (*cc*) aus Messing trägt rechts den Anker (*a*), links einen weichen Farbstift (*d*). Umkreist nun der Strom den Elektromagnet, so wird dieser magnetisch und zieht den Anker an; der Farbstift wird dadurch aufwärts bewegt und drückt gegen einen Papierstreifen *b*, der auf der Rolle (*B*) aufgewickelt ist. Wird der Strom unterbrochen, so zieht die Spiralfeder *f* einen am Hebel angebrachten Arm (*h*) nach rechts, der Stift *d* senkt sich wieder. Durch ein Uhrwerk (*C*) wird der Papierstreifen abgewickelt. Während des Vorbeigleitens des Streifens zeichnet nun der Stift Punkte und Striche auf denselben, je nachdem der Strom kürzere oder längere Zeit geschlossen wird. Der Telegraphist überträgt sodann die Zeichenschrift des Morsetelegraphen in die übliche Buchstabenschrift.

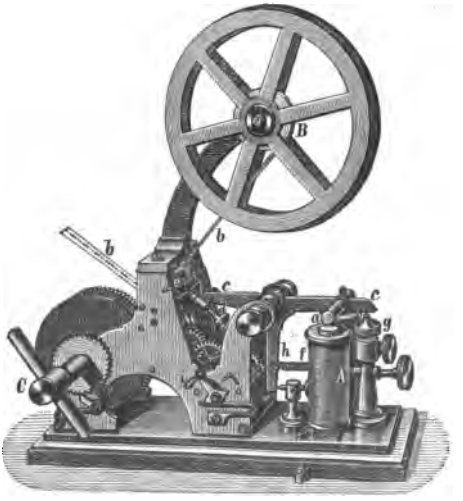


Fig. 76.

A .—	G — —.	M — —	S ...	Y —.— —
B —...	H	N —.	T —	Z — —..
C —.—.	I ..	O — — —	U ..—	Ä .—.—
D —..	J .— —	P .— —.	V ...—	Ö — — —.
E .	K —.—	Q — —.—	W .— —	Ü ..— —
F ..—.	L .—..	R .—.	X —..—	Ch — — — —

Damit der Anker (*a*) beim Abwärtsgehen die Pole nicht berührt, ist rechts ein Messingsäulchen (*g*) angebracht, auf welches das Hebelende (*c*) schon vorher aufschlägt.

Der **Zeichengeber** oder Taster dient zum willkürlichen Schließen und Öffnen des Stromes. Ein messingener Hebel ist um das Säulchen (1) aus Messing drehbar. Auf der linken Seite drückt eine Feder den mit einem Holzknopf versehenen Hebelarm in die Höhe, so daß der andere Arm auf Säulchen 2 ruht (Ruhelage). Drückt man auf den Knopf, so berührt der vordere Hebelarm das Säulchen 3 (Arbeitslage).

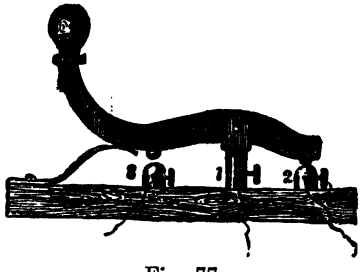


Fig. 77.

Mit Hülfe der Abbildung 78 soll die Leitung des elektrischen Stromes und die Arbeit des Telegraphierens erklärt werden!

Zur **Leitung** des Stromes verwendet man verzinkten Eisendraht, welcher an Stangen durch die Luft geführt wird. Als Isolatoren dienen Porzellanglocken, um welche der Draht gewickelt ist. — Kabelleitung, siehe § 21 *c*.

Die am häufigsten gebrauchte **Batterie** ist die von Meidinger, da sie längere Zeit hindurch, ohne besondere Besorgung zu verlangen, einen sehr gleichmäßigen Strom liefert.

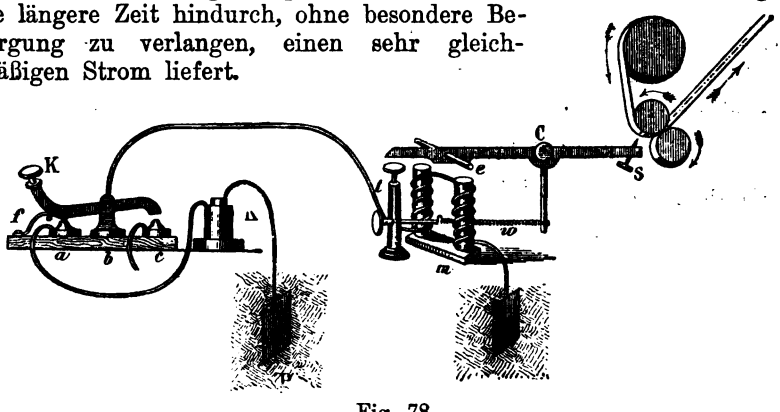


Fig. 78.

Auf jeder telegraphischen Station müssen die vier Hauptteile des Morseapparates vorhanden sein. Eine Verbindung zweier Stationen, welche mit Hülfe eines Drahtes einen gegenseitigen Verkehr gestattet, zeigt Fig. 79. — Der Taster auf Station I ist in der Arbeitslage, schließt also den Strom.

c) Aus welchem Metall muß die Bodenplatte sein? — Wie tief muß sie versenkt werden? — Warum ist diese Erfindung Steinheils von großer Bedeutung? Die Bodenplatten haben nicht den Zweck, den Strom von einer Station zur andern

durch die Erde zu leiten, sondern durch Verbindung des — Poles mit der unelektrischen Erde sorgen sie dafür, daß stets eine Spannungsdifferenz zwischen den beiden Polen vorhanden ist und somit immer ein Strom entsteht. — Damit der Telegraphist in II weiß, daß er ein Telegramm empfangen soll, gibt der Beamte in I das Ruf- oder Alarmzeichen. Er drückt rasch den Taster mehrmals hinab, der Hebelarm *c* in II (Fig. 76) schlägt dann hörbar auf das Säulchen *g*. Nun setzt man in II das Uhrwerk in Bewegung und sendet an I das Zeichen, daß der Apparat in Gang ist; jetzt erst erfolgt das Telegraphieren von I nach II.

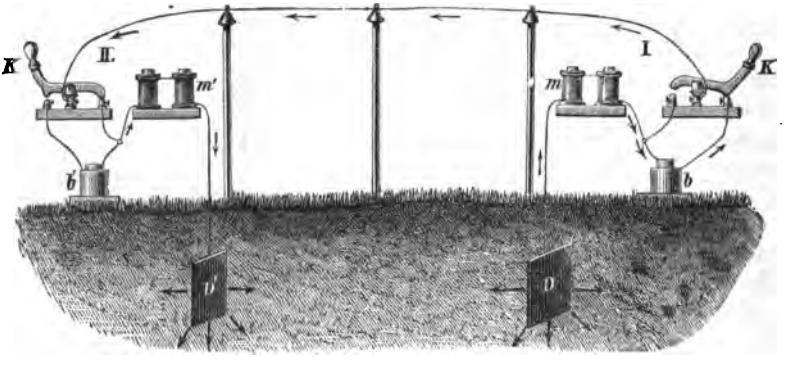


Fig. 79.

d) In größeren Städten empfängt man oft Telegramme, die nicht von der Hand des Telegraphenbeamten geschrieben sind, sondern die übermittelte Nachricht in Druckschrift zeigen. Der Drucktelegraph, ein hochinteressanter aber sehr zusammengesetzter Apparat, ist von dem Amerikaner **Hughes** erfunden worden.

Das Telegraphieren kann zu jeder Zeit, bei jedem Wetter und ohne Rücksicht auf die Entfernung vorgenommen werden.

Das Telephon s. unter Schall, § 62.

§ 26. Die elektrische Induktion.

a) In § 18 ist gezeigt worden, wie durch bloße Annäherung eines unelektrischen Leiters an einen elektrischen Körper in dem ersteren Elektrizität hervorgerufen wird. Der elektrische Strom wirkt ebenso auf einen nahen elektrischen Leiter.

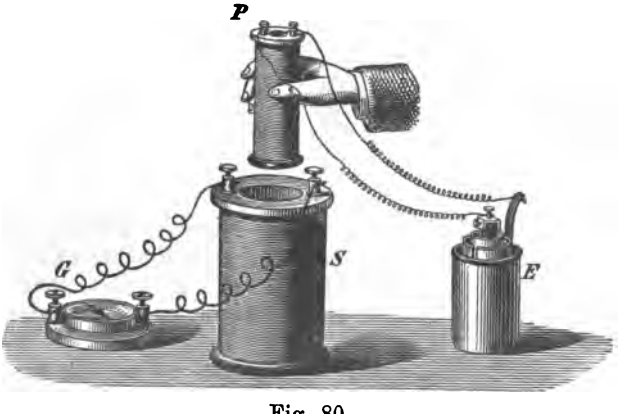


Fig. 80.

In Fig. 80 ist *P* eine Holzspule, die mit einem gut isolierten Kupferdraht umwickelt ist. Durch diesen Draht fließt ein Strom der Batterie *E*.

Die Spule P kann in eine zweite Spule S gesteckt werden, die mit einem sehr dünnen und sehr langen, ebenfalls isolierten Kupferdraht umwickelt ist. In die Drahtleitung der Spule S ist ein Galvanometer G eingeschaltet. — Steckt man nun die Spule P in die Spule S, so entsteht in der letzteren ein Strom von sehr kurzer Dauer. Nachweis durch die Ablenkung der Magnetnadel des Galvanometers G. Ein neuer Strom entsteht erst wieder in S, wenn P herausgenommen wird. — Diese in der Spule S entstehenden Ströme nennt man **Induktionsströme.** Bei dem Einführen der Spule P in die Spule S, oder, was dasselbe ist, beim Annähern des Stromes schlägt die Magnetnadel nach der einen Seite aus; bei dem Herausnehmen der Spule P oder beim Entfernen des Stromes schlägt die Magnetnadel nach der entgegengesetzten Seite aus. Es ergibt sich daraus, daß die Induktionsströme abwechselnd in der einen und der andern Richtung fließen.

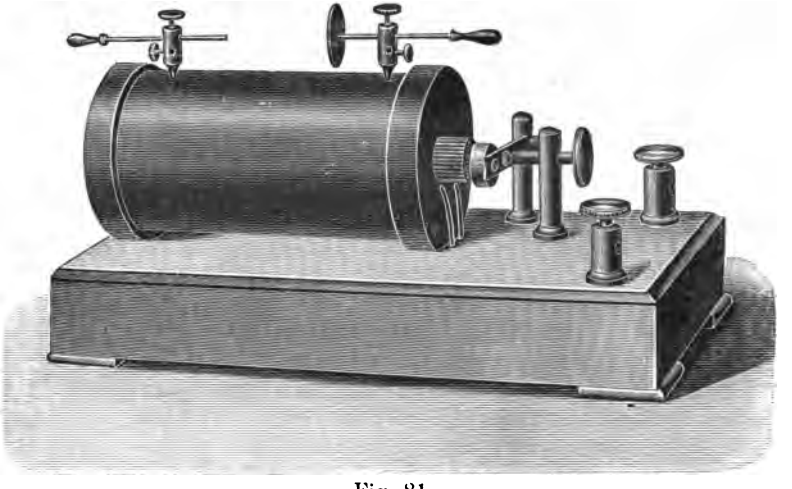


Fig. 81.

Dieselben Erscheinungen treten auf, wenn die Spule P in der Spule S steht, und der Strom abwechselnd geschlossen und geöffnet wird.

Der elektrische Strom erzeugt beim Schließen und Öffnen (oder bei Annäherung und Entfernung) **in einem benachbarten geschlossenen Leiter Ströme von sehr kurzer Dauer und wechselnder Richtung.**

Die Induktionsströme haben eine viel höhere Spannung als die Batterieströme und erinnern in ihren Wirkungen an die Reibungselektrizität.

b) Zur Erzeugung hochgespannter Induktionsströme wendet man den **Induktionsapparat** (Funkeninduktor) von Rühmkorff an. (Fig. 81.)

Fig. 82 zeigt die Einrichtung des Apparates. Hauptspule *h* mit isoliertem Kupferdraht; in der Höhlung steckt ein Bündel Eisenstäbchen *e*. Berührt der federnde Anker *a* die Schraube *s*, so ist der Strom geschlossen. Nun wird der Eisenkern magnetisch und zieht *a* an, folglich ist der Strom geöffnet. Der Eisenkern wird wieder unmagnetisch, *a* schnellt zurück, berührt *s*, der Strom ist wieder geschlossen. Die Hauptspule steckt in der Induktionsspule *n*, die mit einem haarfeinen, isolierten und kilometerlangen Draht umwunden ist. Die Induktionsströme folgen

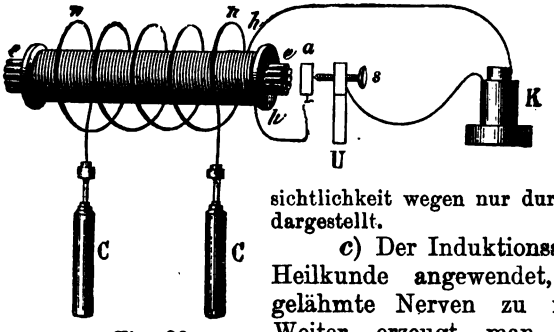


Fig. 82.

sehr rasch aufeinander, da der Batteriestrom sehr rasch geschlossen und wieder geöffnet wird. — In der Fig. 82 ist die Umwicklung der Induktionsspule, die in Wirklichkeit oft viele Tausende von Windungen zählt, der Übersichtlichkeit wegen nur durch einige wenigen Windungen dargestellt.

c) Der Induktionsapparat wird häufig in der Heilkunde angewendet, weil die Wechselströme gelähmte Nerven zu neuer Tätigkeit anregen. Weiter erzeugt man mit großen Induktionsapparaten die **Röntgenstrahlen.**

Läßt man den Induktionsstrom durch eine Glasröhre gehen, welche eine stark verdünnte Luftart enthält, so nimmt man eine Lichterscheinung wahr. Am positiven Pol dieser Röhre (Geißlersche Röhre) beobachtet man ein geschichtetes Lichtbüschel, dessen Farbe je nach dem in der Röhre enthaltenen Gase verschieden ist; am negativen Pol erscheint das zart violette Kathodenlicht. Je stärker die Luft verdünnt wird, desto mehr breitet sich das Kathodenlicht aus, während das Licht am positiven Pol immer mehr und endlich ganz verschwindet. Die **Kathodenstrahlen** pflanzen sich nur senkrecht zur Oberfläche der Kathode fort. Treffen diese Kathodenstrahlen die gegenüberliegende Glaswand (Fig. 83), so erstrahlt diese Stelle in grünlichem Lichte, und von dieser Stelle gehen nun eigentümliche Strahlen aus, die für unser Auge unsichtbar sind, auf eine photographische Platte aber einwirken: die X- oder **Röntgenstrahlen.** Körper, die für gewöhnliches Licht undurchlässig sind, lassen die Röntgenstrahlen durch, und zwar hängt ihre Durchlässigkeit für diese Strahlen von der Dichte ab. — Die Knochen des menschlichen Körpers sind dichter als die Fleischteile und lassen deswegen die Röntgenstrahlen weniger gut durch als die Muskeln. Legt man den Arm auf eine verdeckte photographische Platte, und läßt man ihn von einer Röntgenröhre bestrahlen (Fig. 84), so entsteht auf der Platte ein Schattenbild des Skelettes des Armes, welches fixiert werden kann. Fig. 85 zeigt das photographierte Schattenbild (Radio-

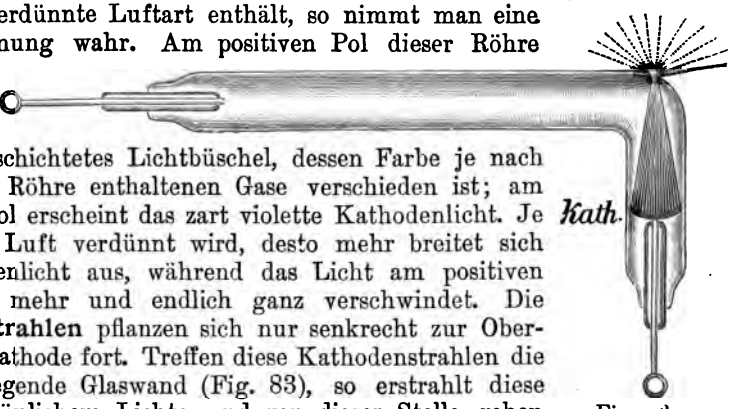


Fig. 83.

Fig. 84.

gramm) einer Menschenhand; die durch den 5. Finger gedrungene Nadel ist dunkler als die Knochen, weil sie wegen der großen Dichtigkeit des Stahles keine

Fig. 85.

Strahlen durchläßt. Fig. 86 zeigt die Röntgenphotographie einer gewöhnlichen ledernen Geldbörse mit drei Geldstücken und eines Futterals mit Brille.

Die Wundbehandlung (Chirurgie) hat große Vorteile aus der Photographie durch Röntgenstrahlen gezogen, da mit ihrer Hülfe der Chirurg genau die innere Beschaffenheit einer Wunde, die Lage eingedrungener Körper (Nähnadeln, Kugeln) erkennen kann.

d) **Geschichtliches.** — **Faraday**, einem englischen Naturforscher, verdanken wir die Entdeckung der Induktionsströme. **Rühmkorff** in Paris ist der Erfinder der Induktionsapparate. **Geißler** in Bonn verfertigte zuerst Röhren, welche stark verdünnte Gase enthielten, und **Hittorf** in Münster zeigte die Ausbreitung der Kathodenstrahlen in fast luftleer gemachten Geißlerschen Röhren. Im Jahre 1895 entdeckte Professor **Röntgen** in Würzburg die nach ihm benannten Strahlen.

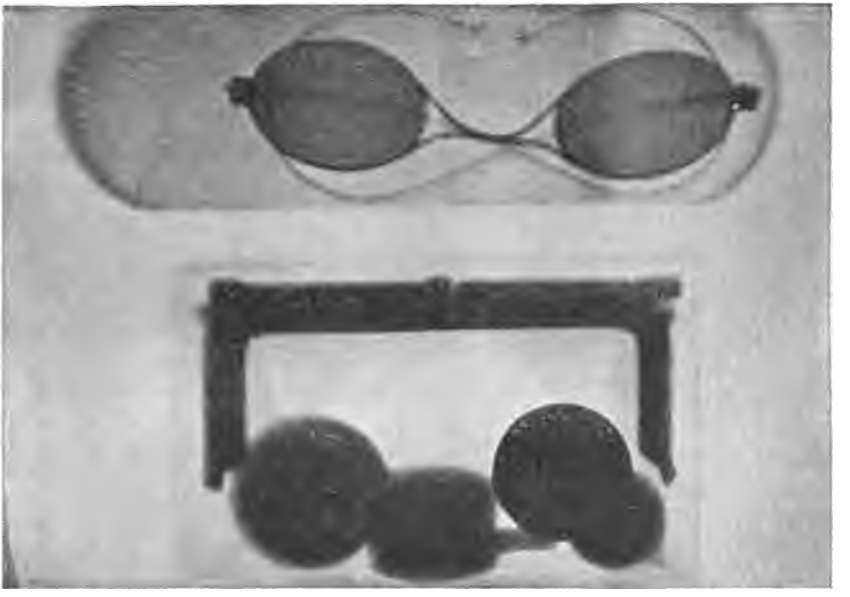


Fig. 86.

§ 27. Die Funkentelegraphie.

a) Wenn zwei Orte A und B zum Zwecke einer elektrischen Nachrichtenmitteilung miteinander in Beziehung treten sollen, so müssen diese beiden Orte durch einen Leitungsdraht für den elektrischen Strom verbunden werden, der diesen Strom von dem Zeichengeber in A zum Zeichenempfänger in B und umgekehrt leitet (§ 25). Wir können aber auch eine solche Nachrichtenvermittlung ohne Draht einrichten, wenn wir von dem elektrischen Strom absehen, und diese Arbeit von dem Licht verrichten lassen (optische Telegraphie früherer Zeit, § 25). Stellen wir in A einen starken elektrischen Scheinwerfer auf, der vermittelst eines Hohlspiegels seine Lichtstrahlen nach B sendet, so können wir durch Vorschieben einer undurchsichtigen Platte kürzere und längere Lichtpausen eintreten lassen, die den Punkten und Strichen des Morseschen Alphabets entsprechen.

Im Jahre 1897 wurde die Welt durch die Nachricht überrascht,

daß es gelungen sei, auf elektrischem Wege, aber ohne Leitungsdraht, Nachrichten von einem Ort zu einem andern kilometerweit entfernten zu senden. Als Erfinder dieser „drahtlosen Telegraphie" gilt der italienische Ingenieur Marconi. Die grundlegenden Arbeiten aber, die zu dieser epochemachenden Erfindung führten, stammen von dem für die physikalische Wissenschaft leider viel zu früh verstorbenen genialen Professor Hertz in Bonn (früher zu Karlsruhe). Zwei andere deutsche Naturforscher, Professor Slaby in Charlottenburg und Professor Braun in Straßburg, verbesserten dann wesentlich die Erfindung Marconis und verhalfen ihr zur praktischen Verwendung.

b) Wenn zwischen den beiden Belegungen einer Leydener Flasche oder den Elektroden eines Rühmkorffschen Funkeninduktors ein Funken überspringt, so sieht unser Auge allerdings nur **einen** Funken; in Wirklichkeit sind es aber Tausende, die hin- und herspringen, in einer Sekunde über eine Million. Diese Tatsache ist nicht nur durch Versuche nachgewiesen worden, sondern sie ergibt sich auch, wenn man bedenkt, daß bei einer Ausgleichung zwischen zwei Punkten mit elektrischem Spannungsunterschied nicht sofort ein Ruhezustand eintreten kann. Drückt man in einer zweischenkeligen Glasröhre, die halb mit Wasser gefüllt ist, die eine Flüssigkeitssäule hinab, so tritt nach Aufhebung des Druckes nicht sofort Ruhe ein, sondern die Flüssigkeit schwankt hin und her. Durch eine ähnliche schwingende Entladung der Leydener Flasche oder des Funkeninduktors entstehen nun elektrische Wellen, die sich, wie Hertz bewies, nicht nur durch die Luft, sondern auch durch den luftleeren Raum und durch Nichtleiter hindurch ausbreiten. Jede Wellenbewegung setzt aber einen Stoff voraus, der in Schwingung geraten muß, wenn die Wellen sich fortpflanzen sollen. Für Wasserwellen ist dieser Stoff das Wasser, für Schallwellen die Luft. Die elektrischen Wellen pflanzen sich aber auch durch den luftleeren Raum fort. Wir müssen uns also mit einer Annahme (Hypothese) behelfen: der ganze Weltraum ist mit einem sinnlich nicht wahrnehmbaren Stoff angefüllt, dem **Äther**; er durchdringt auch alle Körper. Durch die Entladung eines Induktors gerät er in Schwingungen, die sich mit einer **Geschwindigkeit von 300.000 *km* in der Sekunde** durch den Raum verbreiten.

c) Die Wasserwellen können wir sehen. Die Schallwellen sind allerdings unsichtbar; aber die Luft, von der wir wissen, daß sie der Träger der Schallwellen ist, können wir wahrnehmen. Für die elektrischen Wellen fehlt uns ein Sinnesorgan. Ein französischer Physiker, Branly, hat nun einen höchst empfindlichen Apparat erfunden, der eine eigentümliche Veränderung erfährt, wenn er von elektrischen Wellen getroffen wird. Er besteht aus einem kleinen Glasröhrchen, das durch zwei Silberzylinder dicht verschlossen ist. Zwischen diesen beiden Zylindern liegt ein loses Gemenge von Silber- und Nickelstaub. Beide Zylinder sind mit den Polen einer Batterie verbunden. Branly fand nun, daß der lockere Metallstaub für gewöhnlich den Strom nicht leitet. Wird aber das Röhrchen von elektrischen Wellen getroffen, so läßt der Metallstaub den Batteriestrom durch; er wird also leitend, und dieser Zustand dauert so lange, bis das Röhrchen erschüttert wird. Zur Erklärung nimmt man an, daß unter

der Einwirkung der elektrischen Wellen die einzelnen Metallkörnchen oberflächlich zusammenschmelzen und so einen ununterbrochenen Weg für den Strom bilden. Der Zusammenhangszustand ändert sich, die Körnchen werden „zusammenhängender“ (kohärenter; vergl. Kohäsion), und deshalb nennt man das Branlysche Röhrchen **Kohärer.**

d) Nach diesen vorbereitenden Erklärungen ist nun die Einrichtung und Wirkungsweise einer Station für Funkentelegraphie leicht zu verstehen.

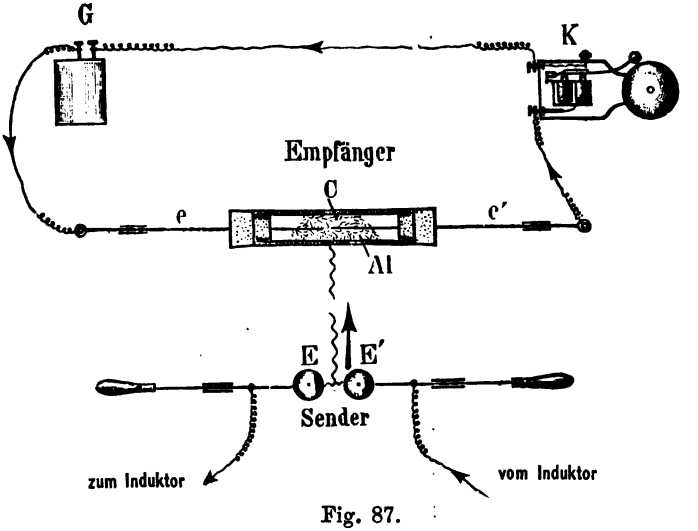


Fig. 87.

Jede Station enthält einen Sender und einen Empfänger.

Der Sender besteht aus zwei Messingkugeln *EE'*, die mit den Polen eines großen Funkeninduktors in Verbindung stehen. Sie sind in ein Futteral von Hartgummi eingeschoben und von Paraffinöl umgeben. Diese Einrichtung erzeugt höhere Spannungen und folglich auch größere Wirkung. In den Leitungsdraht des Batteriestromes, der den Funkeninduktor erregt, schaltet man einen Telegraphentaster ein, mit dem man den Strom bequem und willkürlich schließen und öffnen kann, so daß zwischen den beiden Messingkugeln *EE'* längere und kürzere Entladungen erfolgen. Da von diesen beiden Kugeln die elektrischen Wellen ausstrahlen, nennt man diesen Apparat **Radiator.**

Fig. 87 zeigt eine Anordnung der einzelnen Teile des Empfängers. *C* ist der Kohärer, *G* eine Batterie und *K* eine elektrische Klingel. Treffen nun elektrische Wellen auf den Kohärer, so wird der Metallstaub *Al* leitend, der Strom der Batterie ist geschlossen, und die Klingel ertönt so lange, bis der Kohärer erschüttert wird. Damit der Apparat selbsttätig wirkt, ordnet man die Klingel unter dem Kohärer an; beim Zurückschlagen erschüttert dann der Klöppel der Klingel das Röhrchen, und der Kohärer ist wieder bereit, beim Auftreffen neuer Wellen den Strom zu schließen.

Um ein Telegramm zu erhalten, schaltet man zwischen Klingel und Batterie noch einen Morseschen Zeichenempfänger ein. Drückt man in der Aufgabestation kurz auf den Taster, so entsteht in der Empfangstation auf dem Papierband ein Punkt; schließt man dort den Strom länger, so entsteht hier auf dem Papierband ein Strich.

Diese Einrichtung und Anordnung der Apparate, die von Branly

(Kohärer) und Righi (Radiator) erfunden worden sind und unter dem Einfluß Hertzscher Wellen in Tätigkeit treten, sind das Verdienst Marconis.

e) Die elektrischen Wellen verbreiten sich allseitig im Raume, treffen also nicht nur die Station, für welche sie bestimmt sind, sondern auch alle andern, die im Bereich der Wellen liegen. Eine abgesandte Nachricht kann folglich von vielen, auch von unberufenen Seiten aufgefangen werden. Diesem großen Übelstand hat Slaby abgeholfen, indem er eine Vorrichtung erfand, durch welche Wellen von **bestimmter Länge** ausgesandt und aufgefangen werden können.

Mit dem Radiator einerseits und dem Kohärer anderseits sind zwei gleich lange Drähte verbunden, die frei in der Luft aufgehängt sind. Von der Länge dieser Drähte ist die Länge der elektrischen Wellen abhängig. In einem Klavier fängt eine Saite sofort an zu tönen, wenn in der Nähe die auf denselben Ton abgestimmte Saite eines andern Klavieres angeschlagen wird. Ebenso ist es mit den beiden Drähten im Slabyschen System. Die elektrischen Schwingungen des einen Drahtes wirken nur dann auf den andern Draht ein, wenn dieser genau dieselbe Länge wie der erste hat. Diese „Abstimmung" der Apparate ist von sehr großer Wichtigkeit, da der Kohärer nur durch die für ihn bestimmten Wellen erregt wird. — Drähte wirken also bei dieser Art der Telegraphie mit, deshalb ist der Ausdruck „drahtlose Telegraphie" nicht ganz richtig. Unanfechtbar ist die Bezeichnung „Funkentelegraphie" oder „Telegraphie mit Hertzschen Wellen".

Braun hat durch besondere Einrichtungen, die hier nicht angeführt und erklärt werden können, dem Ganzen einen so hohen Grad von Vollkommenheit gegeben, daß es bereits gelungen ist, die elektrischen Wellen in große Entfernung zu senden. Mit Hülfe der Braunschen Einrichtungen, eines sehr empfindlichen Kohärers und eines Telephons (statt des Telegraphenapparates), hat im Anfang des Jahres 1903 Marconi England und Amerika über den Ozean hinweg in elektrische Verbindung gesetzt.

§ 28. Die Magnetinduktion.

So wie der elektrische Strom im Eisen Magnetismus hervorrufen kann, so kann auch ein Magnet in einem benachbarten geschlossenen Leiter einen Strom erzeugen.

1. In eine mit einem Galvanometer verbundene Induktionsspule wird rasch ein Magnetstab geschoben. Die Nadel des Galvanometers zeigt einen Ausschlag, kehrt aber gleich wieder in die Ruhelage zurück; es ist also ein Induktionsstrom von sehr kurzer Dauer entstanden. So lange der Magnet in der Spule steckt, zeigt das Galvanometer keinen Ausschlag; es entsteht also kein Strom. In dem Augenblick aber, in dem der Magnet schnell aus der Spule heraus-

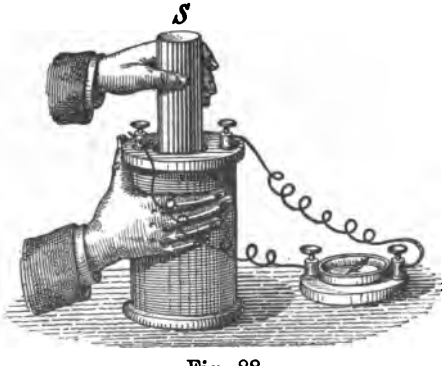


Fig. 88.

genommen wird, schlägt die Nadel abermals aus und kehrt wieder in die Ruhelage zurück. Verglichen mit dem ersten Ausschlag, erfolgt der zweite in entgegengesetzter Richtung.

2. Wird der Hohlraum der Induktionsspule mit einem weichen Eisenkern ausgefüllt, so entstehen Induktionsströme bei Annäherung und Entfernung des Magnetes; denn durch die magnetische Influenz wird der weiche Eisenkern für kurze Zeit selbst zum Magneten.

In einem geschlossenen elektrischen Leiter entstehen bei Annäherung und Entfernung eines Magnetes Induktionsströme.

3. Da die Magnetnadel bei der angegebenen Bewegung des Magnetes bald nach der einen, bald nach der andern Richtung ausschlägt, so entstehen in dem geschlossenen Leiter Stromstöße von wechselnder Richtung. Ein Magnet ist aber nach § 23 ein Eisenstab, der von gleichgerichteten Kreisströmen umflossen ist. Genaue Untersuchungen haben nun gezeigt, welche Richtung die Induktionsströme im Vergleich zu der Richtung dieser Kreisströme haben. Es hat sich ergeben:

Bei **Annäherung** des Magnetes hat der Induktionsstrom in dem geschlossenen Leiter die **entgegengesetzte Richtung**, bei **Entfernung** die **gleiche Richtung** wie die Kreisströme.

Diese Ströme haben dieselben Eigenschaften wie diejenigen Induktionsströme, die durch einen Batteriestrom hervorgerufen werden. Ihre große Bedeutung liegt darin, daß sie durch eine **mechanische** und nicht durch **chemische Arbeit** erzeugt werden. Bedenkt man, daß in einer Batterie fortwährend ein Metall (Zink) verbraucht wird, um einen Strom zu haben, so sieht man leicht ein, daß eine Maschine, die, mit Wasser oder Dampf betrieben, durch Bewegung eines Magnetes Induktionsströme liefert, viel billiger arbeitet. In der Tat sind es nur magnetelektrische Induktionsströme, die heutzutage in der Technik verwendet werden.

§ 29. Die elektrischen Maschinen.

a) Eine einfache Maschine, mit welcher man Induktionsströme erzeugen kann, zeigt Fig. 89. Der Eisenbügel *E* trägt an seinen Enden die Induktionsspulen *S* und *S'*. Bei der Drehung des Bügels um die Achse *a a'* nähern sich die Spulen den Polen eines Hufeisenmagnetes *M*, um sich gleich darauf wieder von ihnen zu entfernen. Bei einer Umdrehung entstehen somit in jeder Spule vier, in beiden also acht Stromstöße von wechselnder Richtung, die durch einen Draht fortgeleitet werden können. Die Leitung wird also von einem **Wechselstrom** durchflossen.

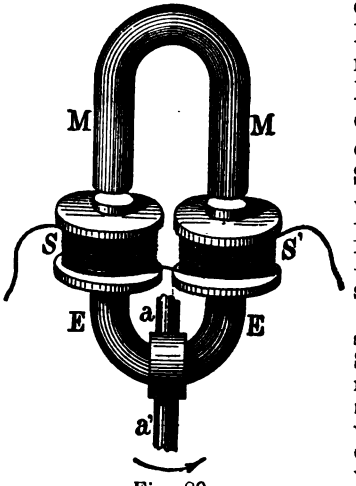


Fig. 89.

Denkt man sich den Bügel *E* nicht zwei-, sondern vier- oder achtschenkelig und jeden Schenkel eine Spule tragend, so erhält man bei rascher Drehung einen Wechselstrom mit sehr vielen rasch aufeinander folgenden und ihre Richtung fortwährend wechselnden Stromstößen. In der Mitte des vorigen Jahrhunderts sind solche Maschinen von Pixii und Stöhrer gebaut worden; eine technische Bedeutung haben sie nie gehabt.

b) Einem Belgier namens **Gramme** ist eine Erfindung, der **Ringanker**, zu verdanken, die einen gewaltigen Fortschritt in der Entwicklung der elektrischen Maschinen bedeutet. Folgende Betrachtungen führen zum Verständnis der Wirkung des Ringankers:

I. Denken wir uns zwei Magnetstäbe so nebeneinander liegen, daß ihre Nordpole einander zugekehrt sind. (Fig. 90.) Die eingezeichneten kleinen Pfeile geben die Richtung der Kreisströme der Magnete an (§ 23 *e*). Wir schieben nun von links her einen geschlossenen Kupferring über die Magnete hinweg. Nähert sich der Ring dem Südpol, so entsteht in dem Ring ein Induktionsstrom, dessen Richtung durch die Pfeilspitze angegeben ist. In der zweiten Lage haben die Kreisströme links, von denen sich der Ring entfernt, das Bestreben, einen ihnen gleichgerichteten Strom, die rechts liegenden aber, denen sich der Ring nähert, einen solchen von entgegengesetzter Richtung in dem Ring hervorzurufen. Da die letzteren überwiegen, behält der Induktionsstrom seine erste Richtung, er wird aber an Stärke abnehmen. In der Mitte des Magnetes heben sich die Wirkungen der links und rechts befindlichen Kreisströme auf: der Ring ist stromlos. Schiebt man den Ring weiter, so überwiegt die induzierende Wirkung der Kreisströme links, von denen sich der Ring entfernt: der Induktionsstrom kehrt seine Richtung um. Verfolge nun weiter die Bewegung des Ringes und beweise die Richtigkeit der eingezeichneten Richtungen des Induktionsstromes!

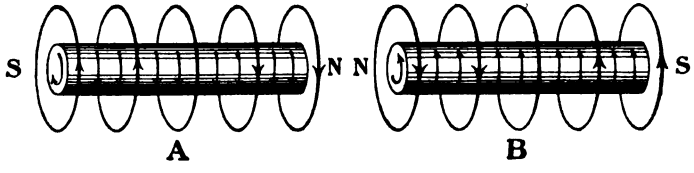


Fig. 90.

Merke: 1. An den Indifferenzstellen ist der Ring stromlos.

2. An den Polen hat der Induktionsstrom die größte Stromstärke.

3. An den Indifferenzstellen findet jedesmal eine Umkehrung des Induktionsstromes statt.

4. Auf dem Wege des Ringes von einer Indifferenzstelle zur andern fließt der Induktionsstrom in unveränderter Richtung.

II. Werden bie beiden Magnetstäbe mit ihren Nordpolen zusammengeschweißt, und biegt man das Ganze zu einem Kreise, so erhält man einen Ringmagnet (Fig. 91). Links liegen die beiden Nordpole, rechts die beiden Südpole, oben und unten die Indifferenzstellen. Wird nun der Kupferring dem Ring entlang verschoben, so gelten die oben aufgefundenen vier Sätze auch in diesem Falle.

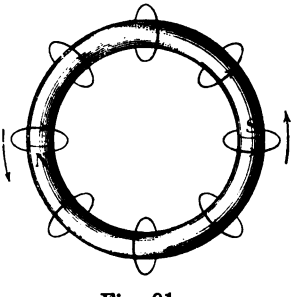


Fig. 91.

Gib die Richtung der entstehenden Induktionsströme der linken und rechten Hälfte des Magnetringes an!

III. Wir ersetzen nun den Ringmagnet durch einen Ring aus weichem Eisen (Fig. 92), der zwischen den gleichnamigen Polen zweier Magnete

rotiert. Infolge der Influenz entstehen im Ring links ein Nordpol, rechts ein Südpol, die trotz der Drehung des Ringes an dieser Stelle verharren, da weiches Eisen den Magnetismus nicht festhält. An Stelle des verschiebbaren Kupferringes legen wir eine zusammenhängende Spirale aus isoliertem Kupferdraht um den Ring. Wird nun der Ring mit der Spirale gedreht, so ist die erzielte Wirkung dieselbe, wie wenn der Ring unbeweglich bliebe und nur die Drahtspirale verschoben würde, da N und S im Ring stets an derselben Stelle verharren. Es müssen also in der Spirale Induktionsströme wie in II entstehen. Zwei Punkte A und B sind nun besonders ausgezeichnet.

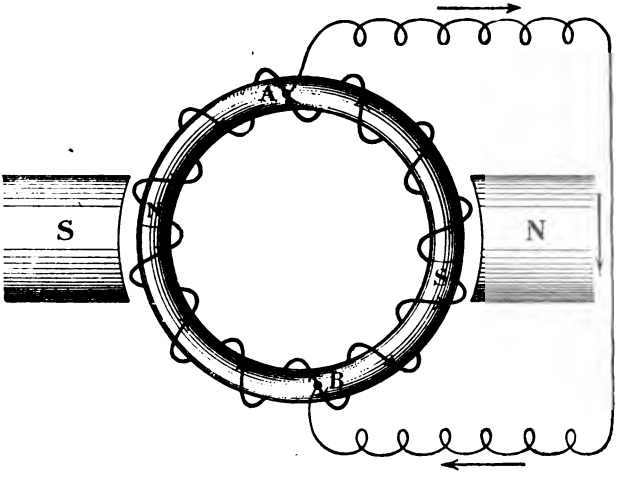


Fig. 92.

In A stoßen die Ströme der linken und der rechten Hälfte zusammen. Vergleichen wir sie mit Wasserströmen, so kann man sagen, sie stauen sich an dieser Stelle. Von B fließen die Ströme nach beiden Richtungen ab.

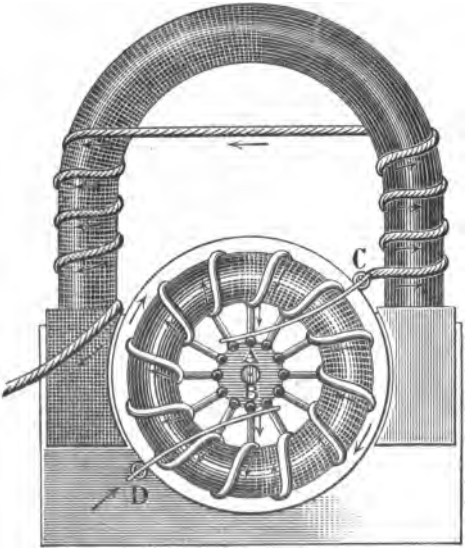


Fig. 93.

Um ein anschauliches Bild von dieser Einrichtung und ihrer Wirkung zu erhalten, denke man sich in B einen Wasserbehälter. Die einzelnen Spiralwindungen auf beiden Seiten des Ringes lassen sich mit Pumpen vergleichen, die in 2 parallelen Reihen übereinander angeordnet sind und von welchen die beiden ersten im Behälter B stehen. Jede folgende Pumpe fördert nun das von der darunterliegenden heraufgepumpte Wasser auf eine weitere Höhe, bis endlich die beiden letzten Pumpen ihr Wasser in den hochliegenden Behälter A entleeren.

Es herrscht somit zwischen A und B eine große Spannungsdifferenz. Verbindet man A mit B durch einen Leiter, so strömt die Elektrizität von A nach B.

IV. Um nun diese Ableitung der Ströme zu ermöglichen, hat Gramme dem Ring die in Fig. 93 abgebildete Einrichtung gegeben. Der Ring

(Anker) gleicht einem Rade. Auf der Achse liegen isolierte parallele Kupferstreifen (Segmente), von denen jeder mit einer Drahtwindung durch eine gut leitende Kupferspeiche verbunden ist. Zwei **Bürsten** aus Kupferdraht sind rechts und links so befestigt, daß sie genau an den Indifferenzstellen A und B auf der Achse (**Kollektor**) schleifen und so die Ströme ableiten.

In Wirklichkeit sind die einzelnen Spiralwindungen durch Drahtspulen ersetzt, die nicht nur untereinander, sondern auch mit dem Kollektor leitend verbunden sind. Die Spulen sind also hintereinander geschaltet; es entsteht mithin ein Strom von bedeutender Spannung. Dieser Strom fließt wie der Batteriestrom stets in derselben Richtung. Im Gegensatz zu dem Wechselstrom heißt er **Gleichstrom**; die elektrische Maschine, welche ihn erzeugt, heißt **Gleichstrommaschine.**

c) In der Maschine, die wir jetzt kennen gelernt haben, werden die Induktionsströme durch Stahlmagnete hervorgerufen; sie ist also eine **magnetelektrische Maschine.**

Schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts erkannte man, daß diese Einrichtung unpraktisch sei, denn die Stahlmagnete besitzen nur eine verhältnismäßig geringe magnetische Kraft, die außerdem bei längerem Gebrauch der Maschine immer schwächer wird. Man ersetzte deshalb die Stahlmagnete durch Elektromagnete, deren Magnetismus hoch gesteigert werden kann. Zur Erregung dieser Elektromagnete brauchte man entweder eine Batterie oder eine kleine elektrische Maschine.

Werner v. Siemens gebührt das große Verdienst, die elektrischen Maschinen von diesem Nebenapparat befreit zu haben. Er zeigte, daß jede Gleichstrommaschine ihre Elektromagnete selbst erregen kann. Im weichen Eisen bleibt, wenn es auch nur einmal magnetisch gemacht worden ist, stets eine Spur von Magnetismus (remanenter Magnetismus) zurück. Verbindet man nun die Bürsten C und D (Fig. 93) mit den Enden des um den Elektromagnet gewickelten isolierten Kupferdrahtes und setzt man den Anker in Bewegung, so wird unter dem Einfluß des remanenten Magnetismus des Elektromagnetes ein sehr schwacher Strom in den Ankerspulen hervorgerufen. Dieser Strom umkreist den Elektromagnet und verstärkt dessen Magnetismus. Dadurch wird aber im Anker ein stärkerer Strom erzeugt, der nun wieder den Magnetismus im Elektromagnet verstärkt. Bei fortdauernder Drehung des Ankers wird also bald der Elektromagnet seine höchste magnetische Kraft erreicht haben und starke Ströme hervorrufen. Eine solche elektrische Maschine, welche ihre Elektromagnete selbst erregt, deißt **Dynamomaschine** (kurz Dynamo, nach dem griech. dýnamis = Kraft).

Die Apparate, in denen der Strom Arbeit verrichten soll (Erzeugung von Licht, Wärme, Gewinnung von Metallen, Umsetzung in mechanische Arbeit), sind in die **Außenleitung** eingeschaltet. Der Strom, der vom Elektromagnet kommt, geht zuerst durch diese Außenleitung, bevor er zur Bürste D zurückkehrt. Fig. 94 zeigt eine Dynamomaschine der Maschinenbauanstalt Schuckert in Nürnberg. NS und $N_1 S_1$ sind die Elektromagnete. Ihre Pole sind verbreitert (Polschuhe $N' S'$) und umfassen einen großen Teil des Ringankers, um eine größere induzierende Wirkung zu erzielen. Links sieht man die Bürsten m und n, die auf dem Kollektor schleifen.

Diese Bürsten sind mit zwei Klemmen (oben auf einer Platte) leitend verbunden; von da gehen die beiden Leitungskabel ab.

d) Durch die Erfindung der Dynamomaschine ist der Mensch imstande, mechanische Kraft in elektrische umzusetzen und starke Ströme von beliebiger Spannung zu erhalten. Meistens werden zum Antrieb der Dynamos Dampfmaschinen gebraucht; aber an vielen Orten, wo man über eine starke Wasserkraft verfügt (Rheinfall, Niagara, Schweiz usw.), wird diese in elektrische Arbeitskraft umgesetzt, indem zur Bewegung der Dynamos Turbinen zur Verwendung kommen.

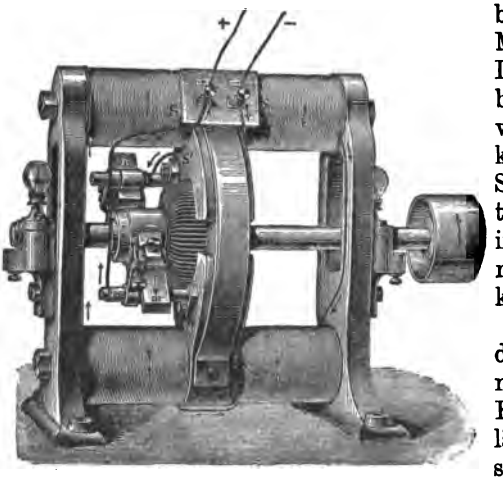


Fig. 94.

Bald nach der Erfindung der Dynamomaschinen erkannte man, daß, wenn sich mechanische Kraft in elektrische umsetzen läßt, auch die Umkehrung möglich sein muß. Leitet man den Strom einer Dynamomaschine in den Anker einer zweiten Maschine **(elektrischer Motor)**, so setzt sich diese Maschine in Bewegung. Mit Hülfe von Zahnrädern oder Riemenscheiben, die auf der Achse des Ankers sitzen, kann dann die Bewegung auf andere Maschinen (Näh-, Hobel-, Dreschmaschinen usw.) übertragen werden.

Diese Erfindung bedeutete wieder einen neuen gewaltigen Fortschritt in der Elektrotechnik; denn nun war es ja möglich, die gewaltige Arbeitsfähigkeit des Stromes nicht nur am Orte seiner Entstehung, sondern auch in weiter Entfernung davon wirken zu lassen. Denken wir uns einen starken Wasserfall im Gebirge. Man läßt ihn unmittelbar auf Wasserräder oder Turbinen wirken, welche Dynamomaschinen in Bewegung setzen. Der erzeugte Strom wird durch gut isolierte Kabel in eine vielleicht 100 bis 200 *km* weit entfernte Mühle geleitet, setzt dort einen elektrischen Motor in Bewegung, der seinerseits wieder seine Kraft auf den Mühlengang überträgt und die Mühlsteine dreht. Die ganze Umgegend dieser im Gebirge liegenden elektrischen Kraftstation **(Zentrale)** kann mit Elektrizität zum Beleuchten, Heizen und zu andern Arbeiten versorgt werden. — Ist Wasserkraft nicht leicht zu haben, so verwendet man zum Betrieb der Dynamomaschinen die Dampfmaschine. In den Elektrizitätswerken großer Städte sieht man riesige Dynamomaschinen von gewaltigen Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt.

Da die Ströme eine gewaltige Spannung besitzen müssen, um weit fortgeleitet werden zu können (§ 31), und da sie infolge dieser hohen Spannung lebensgefährlich sind, muß bei ihrer Fortleitung für eine gute Isolierung gesorgt werden. Die Isolationsglocken aus Porzellan, die an hohen Stangen befestigt sind, haben deshalb nicht die einfache Form

derjenigen der Telegraphenleitungen. Fig. 95 zeigt den Durchschnitt einer solchen Glocke für hochgespannte Ströme. Im Hohlraum der Glocke befinden sich mehrere mit Öl, einem sehr schlechten Leiter, gefüllte Rinnen, die den Strom auch bei Regenwetter nicht durchlassen. In Städten verwendet man meistens unterirdische Kabel.

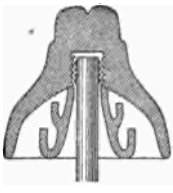


Fig. 95.

e) Fast alle größeren Städte besitzen heutzutage zur Erleichterung des Verkehres elektrisch betriebene **Straßenbahnen.** Über dem Schienengeleise ist zur Leitung des Stromes ein starkes Kupferkabel ausgespannt, das durch isolierte Drähte an eisernen Trägern oder an den Hauswänden befestigt ist. Zwischen dem Gestell des **Motorwagens** ist ein elektrischer Motor angebracht, der die Bewegung seines Ankers durch Zahnräder auf eine Achse des Wagens überträgt. Der Strom wird entweder durch eine Gleitrolle oder eine Kupferschleife, die am Ende eines langen, elastischen Armes befestigt ist, dem Kabel entnommen und durch einen gut isolierten Draht zunächst einem Umschalter und dann dem Motor zugeführt. Nachdem der Strom seine Arbeitskraft an den Motor abgegeben hat, wird er durch die Schienen zu der Dynamomaschine, von der er herkommt, wieder zurückgeleitet. Durch Drehung des Hebels am Umschalter kann der Führer den Strom schließen oder öffnen und so den Wagen in Gang setzen oder zum Stehen bringen.

In dem Behälter des Umschalters sind verschiedene Drahtspulen untergebracht, die nicht nur untereinander, sondern auch durch den Hebel des Umschalters mit dem Leitungsdrahte des Stromes in Verbindung stehen. Diese Widerstände (§ 31) schwächen den Strom, und zwar um so mehr, je größer ihre Anzahl ist, durch die der Strom hindurchgehen muß, bevor er zum Motor gelangt. Mit dem Umschalter kann also der Führer den Wagen langsam oder schnell fahren lassen.

§ 30. Die chemischen Wirkungen des Stromes.

a) Der elektrische Strom kann, wie in den vorhergehenden Paragraphen gezeigt wurde, Licht und Wärme erzeugen, Magnetismus erregen und mechanische Arbeit leisten. Im galvanischen Elemente wird durch chemische Kraft Elektrizität frei. Dieser Vorgang ist umkehrbar: der elektrische Strom kann chemische Arbeit leisten, d. h. chemische Verbindungen in ihre Bestandteile zerlegen und Elemente zu chemischen Verbindungen vereinigen. Das Weitere ist in § 108 ausgeführt.

b) Auf der chemischen Wirkung des Stromes beruhen auch die Elektrizitätssammler oder die **Akkumulatoren.** Es ist gelungen, elektrische Energie in besonderen Vorrichtungen aufzuspeichern, so daß man sie je nach Bedarf und zu jeder Zeit arbeiten lassen kann.

1. Läßt man einige Minuten lang den Strom einer Batterie durch den Wasserzersetzungsapparat (§ 85) gehen, so bedecken sich sofort die beiden Platinelektroden mit Gasbläschen; die an der negativen Elektrode bestehen aus Wasserstoff, die an der positiven aus Sauerstoff. Man schaltet jetzt die Batterie aus und verbindet die beiden Leitungsdrähte mit einem Galvanometer (§ 23 *f*). Sofort schlägt die Nadel aus, und dieser Ausschlag dauert so lange, bis die Gasbläschen an den Elektroden verschwunden

sind. — Der Wasserstoff hat sich mit dem Sauerstoffe zu Wasser verbunden, eine chemische Arbeit, die die Quelle des Stromes ist. Der Wasserzersetzungsapparat wirkt nun selbst wie ein galvanisches Element.

2. Leitet man den Batteriestrom durch eine Kupfersulfatlösung, so schlägt sich bekanntlich das reine Kupfer auf der negativen Elektrode nieder (§ 108 *a*), während die Schwefelsäure an der + Elektrode ausgeschieden wird. Nach kurzer Zeit ist auf der — Elektrode ein Kupferhäutchen entstanden. Öffnet man nun den Batteriestrom und verbindet man die beiden Elektroden wie vorher mit dem Galvanometer, so zeigt das Ausschlagen der Magnetnadel einen Strom an, der so lange dauert, bis das Kupferhäutchen wieder verschwunden ist. — Erkläre diesen Vorgang!

3. Nimmt man als Elektroden zwei blanke Bleiplatten, die in verdünnter Schwefelsäure stehen, so bedeckt sich bald die + Elektrode (**Anode**) mit einer braunen Schicht, während die — Elektrode (**Kathode**) blank bleibt. An der Anode entwickelt sich bekanntlich der Sauerstoff des angesäuerten Wassers, der sich mit dem Blei zu einem Oxyde verbindet, das mehr Sauerstoff als das gewöhnliche Bleioxyd enthält und deshalb **Bleisuperoxyd** heißt. Unterbricht man den Strom und verbindet man die Bleielektroden mit einem Galvanometer oder mit einer elektrischen Klingel (dieser Versuch kann auch erst nach Wochen ausgeführt werden), so wirkt der Apparat wie ein galvanisches Element, und zwar so lange, bis die braune Superoxydschicht verschwunden ist.

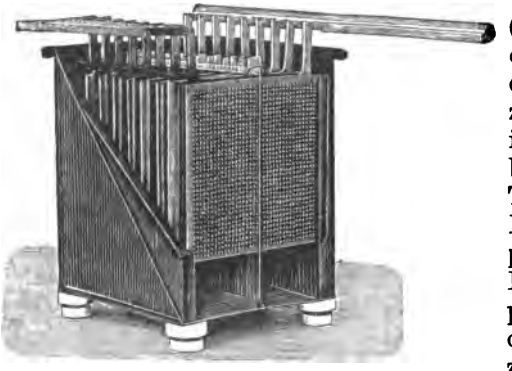


Fig. 96.

c) **Ein Akkumulator** (franz. accumuler = anhäufen) oder Sammler (Fig. 96. Die eine Wand ist ganz, die andere zur Hälfte entfernt, um die innere Einrichtung zu zeigen) besteht aus einem säurefesten Trog aus Glas, Steingut oder aus Holz, das im Innern mit Bleiplatten ausgekleidet ist. Im Innern hängen gegitterte Bleiplatten parallel nebeneinander, ohne sich zu berühren, und zwar sind die ungeraden Platten miteinander verbunden, ebenso die geraden. Der ganze Kasten ist außerdem mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Die Platten sind mit einem Teige von Bleioxyd bedeckt, der wegen der Maschen des Gitters nicht leicht abfallen kann. Schickt man nun in den Akkumulator einen Strom, der z. B. von einer Dynamomaschine geliefert wird, so verwandelt sich das Bleioxyd an den Anoden in braunes Bleisuperoxyd, da ja an den Anoden durch die Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure Sauerstoff ausgeschieden wird. An den Kathoden wird bekanntlich Wasserstoff frei, und der desoxydiert das Bleioxyd zu metallischem Blei. Nun ist der Akkumulator geladen. Die Anoden enthalten im Bleisuperoxyd überschüssigen Sauerstoff, und dieser stellt den Energievorrat dar, der

nach Ausgleichung strebt. Verbindet man nun die Anoden mit den Kathoden durch einen Leitungsdraht, so wandert der Sauerstoff nach den Kathoden so lange, bis beide Platten wieder mit gewöhnlichem Bleioxyd bedeckt sind. An den Anoden geht also eine Desoxydation, an den Kathoden eine Oxydation vor sich. Solange dieser chemische Prozeß dauert, so lange fließt auch der Strom von der Anode durch den Draht zur Kathode.*) Nun kann der Akkumulator von neuem geladen werden.

d) Wir erkennen nun, daß die Akkumulatoren nicht Elektrizitätssammler sind in dem Sinne wie z. B. die Leydener Flasche. Es ist nicht eigentlich elektrische Energie, die angesammelt wird, sondern chemische Energie, die jederzeit in elektrische Energie sich umsetzen kann. Es ist gerade so, wie wenn jemand sich für den Winter einen Vorrat Kohlen anschafft. Damit hat er ja allerdings nicht Wärme gesammelt; aber jeden Augenblick kann durch Verbrennen der Kohlen, also durch eine chemische Arbeit, Wärme erzeugt werden. Die chemische Energie, die in der Kohle schlummert, hat sich hier in Wärme verwandelt; im Akkumulator verwandelt sie sich in Elektrizität.

e) Die große Bedeutung der Akkumulatoren liegt darin, daß man jeden Augenblick Strom zur Verfügung hat; deshalb werden sie häufig in der Telegraphie, der Galvanoplastik, ebenso bei Motorwagen und -booten benutzt. — Von einer Achse des fahrenden Eisenbahnzuges wird ein Dynamo, der in einem Wagen untergebracht ist, angetrieben, und der Strom dieser Maschine wird in einem Akkumulator aufgespeichert. Von diesem geht die Lichtleitung aus, so daß die Wagen beleuchtet sind, selbst wenn der Zug hält. — Auch in den elektrischen Zentralen der Städte wird ein Teil des durch die Dynamos gelieferten Stromes in einer Akkumulatorenbatterie gesammelt, um, wenn nötig, von hier aus in die Straßenbahn oder Lichtleitung geschickt zu werden.

Einen Nachteil haben die Akkumulatoren: durch die Verwendung von Bleiplatten haben sie ein sehr großes Gewicht. — Der Erfinder ist der Franzose Planté.

§ 31. Elektrische Maße.

a) Der elektrische Strom läßt sich leicht mit einem Wasserstrom vergleichen (§§ 19 und 21); wie dieser kann auch er Arbeit leisten. Die Arbeitsfähigkeit eines Wasserstromes hängt aber wesentlich von der Stromstärke ab. Den Begriff der Stromstärke gewinnt man durch folgende Beispiele.

Ein Gefäß, wie es in Fig. 142 abgebildet ist, wird mit Wasser gefüllt. Man öffnet nun die unterste und die oberste Ausflußröhre und sorgt durch Zuleitung von Wasser dafür, daß der Wasserspiegel im Gefäße stets in derselben Höhe bleibt. Mißt man nun, wieviel Wasser in einer bestimmten Zeit aus jeder Öffnung ausfließt, so ergibt sich, daß aus der untersten Öffnung mehr Wasser ausgeflossen ist als aus der obersten. Die **Stromstärke** ist nun nichts anderes als die Wassermenge, die in einer bestimmten Zeiteinheit durch den Querschnitt der Ausflußröhre fließt. Der untere Strom hat also eine größere Stärke als der obere, und die

*) Die Bildung von Bleisulfat kann übergangen werden, da sie zur Erklärung des Vorganges nicht nötig ist.

Ursache dafür liegt in der Verschiedenheit des Druckes, den die Flüssigkeit im Gefäße auf die Ausflußmündungen ausübt. Diesen Druck nennt man **Spannung**. Die Stromstärke ist also von der Spannung abhängig; der Strom ist um so stärker, je größer die Spannung ist.

Es ist weiter leicht einzusehen, daß aus ein und demselben Behälter durch ein weites Rohr mehr Wasser ausfließt als durch ein enges. Die Stromstärke ist also auch von dem **Querschnitt** abhängig. — Hat endlich ein Wasserbehälter zwei gleichweite Ausflußröhren, so kann ein Unterschied in der Stromstärke dadurch hervorgerufen werden, daß die eine Röhre mit großen Steinbrocken, die andere mit Kies angefüllt wird. Diese Ausfüllung bedingt das **Leitungsvermögen** der Röhren. Durch die Zwischenräume der Ausfüllung muß nun das Wasser sich hindurcharbeiten. Je größer also das Leitungsvermögen, desto größer die Stromstärke. Diese beiden Faktoren (Querschnitt und Leitungsvermögen), zu denen als dritter noch die **Länge** der Röhre hinzukommt, bedingen den **Widerstand** der Wasserleitung.

Es ergibt sich das Gesetz: **Je größer die Spannung und je kleiner der Widerstand, desto größer die Stromstärke.**

b) Ebenso verhält es sich mit dem elektrischen Strom. In § 19 ist von der elektrischen Spannung die Rede gewesen, in § 21 ist eine Spannungsdifferenz an beiden Polen nachgewiesen worden. Der elektrische Strom gleicht einem Wasserstrom, der durch eine Röhre gepreßt wird. Dem Wasserdruck entspricht die elektrische Spannung, das Rohr ist der Leitungsdraht; dessen Querschnitt, Länge und Leitungsvermögen bilden den Widerstand. Das oben ausgesprochene Gesetz gilt also auch für die **Stromstärke** des elektrischen Stromes; es wird nach seinem Entdecker das **Ohmsche Gesetz** genannt und durch die Gleichung ausgedrückt:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}}.$$

c) Durch Versuche läßt sich nachweisen, daß der oben durchgeführte Vergleich zur Veranschaulichung der hier betrachteten elektrischen Vorgänge richtig ist.

1. Versuch. In den Stromkreis eines Elementes schaltet man ein Galvanometer (Fig. 70) ein und beobachtet beim Schließen des Stromes den Ausschlag des Zeigers. Nach und nach werden zwei, drei Elemente hintereinander geschaltet. (Fig. 51.) Die Ablenkung des Zeigers beträgt jetzt das doppelte, dreifache der vorigen. Je mehr Elemente, desto größer die Ablenkung. Die Größe dieser Ablenkung ist aber ein Maß für die Stärke des Stromes, die Zahl der Elemente ein Maß für die Spannung, (um den Strom durch zwei Elemente hindurch zu treiben, ist ein größerer Druck als bei einem Elemente nötig), und somit ergibt sich: **Der elektrische Strom ist um so stärker, je größer die Spannung ist.**

2. Versuch. Zwischen Batterie und Galvanometer schaltet man ein: 1. einen dicken und nachher einen dünnen Kupferdraht von gleicher Länge; 2. einen kurzen und alsdann einen langen Kupferdraht von gleicher Dicke; 3. einen Kupferdraht und dann einen Eisendraht von gleichem Querschnitt und gleicher Länge. Beobachte in jedem einzelnen Falle den Ausschlag des Zeigers des Galvanometers beim Schließen des Stromes!

Ergebnis: Der elektrische Strom erleidet beim Durchgang durch einen Leiter einen Widerstand, der von dem Querschnitt, der Länge und dem Stoff des Leiters abhängt. **Je größer der Widerstand, desto schwächer der Strom.**

3. Versuch. Ein Maß für die Stromstärke liefern uns auch die bei der Elektrolyse des Wassers (§ 85) erhaltenen Wasserstoff- und Sauerstoffmengen. Vergleiche die Ergebnisse, wenn man zunächst eine Batterie von zwei Elementen, dann eine von vier Elementen bei gleicher Dauer beider Versuche verwendet! Ändere auch bei ein und derselben Batterie den Widerstand und vergleiche die Ergebnisse!

d) Zum Messen der Stromstärke, der Spannung und des Widerstandes hat man Maßeinheiten geschaffen wie für das Messen der Länge, des Gewichtes usw. Diese Maßeinheiten sind nach drei berühmten Physikern, Ampère, Volta und Ohm, benannt worden. Die Stromstärke wird in **Ampère**, die Spannung in **Volt**, der Widerstand in **Ohm** ausgedrückt. In elektrischen Anlagen verwendet man **Ampère-** und **Voltmeter.**

Die Stärke eines Stromes, der in einer Minute $10^1/_4$ *ccm* Knallgas erzeugt, dient als Maßeinheit für die Stromstärke und heißt 1 Ampère. — Ein Meidinger-Element hat ungefähr 1 Volt, ein Leclanché-Element $1^1/_3$ Volt, ein Bunsen-Element 2 Volt Spannung. — Eine 16 Kerzen-Lampe braucht einen Strom von ungefähr 100 Volt Spannung und $^1/_2$ Ampère Stärke. — Beträgt die Spannung eines Stromes 1—10 Volt, so übt er keine Wirkung auf uns aus; eine Spannung von 100 Volt kann höchst schmerzhafte Nervenzuckungen hervorrufen; eine solche von 1000 Volt wirkt tödlich.

Das Produkt aus Ampère und Volt, also aus Stromstärke und Spannung, ist die in einer Sekunde geleistete elektrische Arbeit. Die Maßeinheit heißt **Watt.** 736 Watt sind gleich einer Pferdekraft.

IV. Die Mechanik.

§ 32. Ruhe und Bewegung.

a) Alle Körper sind entweder im Zustande der Ruhe oder der Bewegung. Hat ein Körper immer dieselbe Entfernung von den ihn umgebenden Dingen, so ist er in **Ruhe**; nimmt seine Entfernung von ihnen zu oder ab, so ist er in **Bewegung.**

Der Weg, den ein Körper bei gleichmäßiger Bewegung in 1 Sekunde zurücklegt, ist seine **Geschwindigkeit.** Hat ein Körper eine Geschwindigkeit von 3 *m*, so ist sein Weg in 5 Sekunden $5 \times 3 = 15$ *m*. **Der Weg ist gleich dem Produkt aus Zeit und Geschwindigkeit.**

Geschwindigkeit eines guten Zugpferdes 4 *m*, eines Rennpferdes 12 *m*, eines Schlittschuhläufers 10 *m*, eines Falken 28 *m*, einer Brieftaube 30 *m*, eines Schnellzuges 18—20 *m*, des Geschosses eines Militärgewehres 600 *m*, eines mäßigen Windes 3 *m*, eines starken Windes 5 *m*, eines Orkans 30 *m*, des Schalles 330 *m*, des Lichtes und der Elektrizität 300.000 *km*.

b) Soll ein Wagen in Bewegung gesetzt werden, so muß eine **Kraft** (Menschen- oder Tierkraft) dabei tätig sein; von selbst kommt der Wagen nicht in Bewegung. Steht der Wagen auf einer geneigten Fläche (steil aufsteigende Straße), so rollt er abwärts, und es scheint, als ob diese Bewegung durch keine Kraft veranlaßt worden sei. Doch auch hier ist eine Kraft tätig, nämlich die **Schwerkraft** (§ 3).

Wenn ein ins Rollen geratener Wagen wieder in den Zustand der Ruhe kommen soll, so muß wieder eine Kraft tätig sein, um dies zu bewirken.

Um einen ruhenden Körper in Bewegung zu setzen, oder einen sich bewegenden Körper zur Ruhe zu bringen, ist eine Kraft erforderlich.

Wird auf die eine Schale einer Wage ein Gewichtsstück gelegt, so sinkt sie. Legt man aber zu gleicher Zeit auf beide Schalen gleiche Gewichtsstücke, so tritt keine Bewegung ein: die Wage bleibt im **Gleichgewicht. — Zwei gleiche, aber entgegengesetzte Kräfte heben sich auf.**

Was tritt ein, wenn beide Kräfte in derselben Richtung wirken? — Gib Beispiele hierzu an!

Die **Mechanik** hat die Aufgabe, die Gesetze über Gleichgewicht und Bewegung der Körper aufzustellen.

§ 33. Das Beharrungsvermögen.

a) Fährt ein Wagen, auf welchem wir sitzen, plötzlich ab, so schwankt unser Oberkörper nach hinten; hält er plötzlich an, so empfinden wir einen Ruck nach vorn.

Auf einem Blatt Papier liegt ein Stein. Zieht man das Papier rasch fort, so bleibt der Stein auf der Tischplatte liegen, ohne sich mit dem Papier fortbewegt zu haben. Setzt man das Blatt langsam in Bewegung, so bleibt der Stein auf dem Papier liegen und macht die Bewegung mit, selbst wenn dieselbe immer schneller wird. Hält man plötzlich an, so fliegt der Stein vorwärts und rollt über das Papier hinaus.

Jeder Körper hat das Bestreben, im Zustande der Ruhe oder der Bewegung, in welchem er sich befindet, zu beharren.

Ein lose auf dem Stiel sitzender Hammer wird nicht dadurch festgemacht daß man auf den Hammer schlägt. Wie verfährt man? — Welche Erfahrungen machen die in einem Boote sitzenden Personen, wenn dasselbe hart an den Strand stößt? — Man kann nicht plötzlich im Laufen anhalten. — „Wer einen großen Sprung tun will, geht vorher zurück.“ — Das Spritzen der Feder. — Die Stränge reißen, wenn die Pferde an einem schwerbeladenen Wagen zu rasch anziehen. — Ist der Wagen sehr schwer beladen, so stürzen die Pferde bei schnellem Anziehen, der Wagen aber bleibt stehen. — Gefahr für den Reiter auf bockendem Pferde. — Schlägt man kräftig und kurz mit der Faust gegen eine offene Tür, so schließt sie sich nicht; drückt man leise mit dem Finger, so geht sie zu. — Nach welcher Richtung muß man von einem fahrenden Wagen abspringen?

b) Aus diesen Beispielen ergibt sich: **Zur Veränderung des Zustandes der Ruhe oder der Bewegung ist Zeit erforderlich.**

Suche noch andere Beispiele zum Beweise dieses Satzes! Denke an die furchtbaren Folgen des Zusammenstoßes zweier Eisenbahnzüge!

§ 34. Die Reibung.

a) Rollt man eine Kugel zuerst über einen glatten und dann mit derselben Kraft über einen mit Sand bestreuten Boden, so sieht man, daß im ersteren Falle die Kugel einen längeren Weg zurücklegt als im zweiten.

Das hauptsächlichste Hindernis der Bewegung ist die **Reibung,** welche entsteht, wenn die Kugel über die Unebenheiten des Bodens rollt.

Ein leerer Wagen ist leichter fortzubewegen als ein beladener. Bei

dieser Arbeit ist aber nur die Reibung zu überwinden, da ja die Last von dem Boden getragen wird. — **Die Größe der Reibung ist von der Beschaffenheit der Reibfläche und von dem Gewicht des Körpers abhängig.** — Je glätter und je leichter also ein Körper ist, desto geringer ist die bei seiner Fortbewegung entstehende Reibung.

Die Unebenheiten der Reibflächen zweier Körper werden durch Polieren möglichst beseitigt. Schmiermittel füllen die Vertiefungen aus und stellen also auch glatte Flächen her.

b) Um ein volles Faß auf dem Boden fortzuschieben, ist bedeutend mehr Kraft erforderlich, als wenn es gerollt wird. — Man unterscheidet demnach eine **rollende** und eine **gleitende** Reibung. — Um Kraft zu sparen, wird häufig die gleitende Reibung in eine rollende verwandelt.

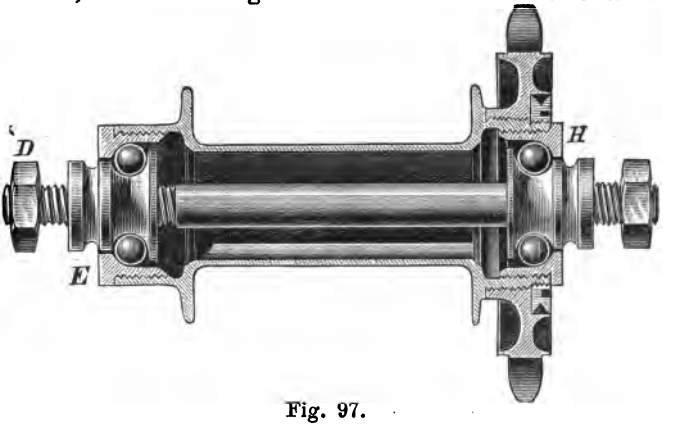


Fig. 97.

Schwere Körper werden zum Fortschaffen auf Walzen gelegt. — Vorteil der Räder unserer Fuhrwerke. Gleitende Reibung tritt nur an der Achse auf, wo sie durch Anwendung von Schmiermitteln und durch die Glätte der Reibflächen fast ganz beseitigt wird. Am Umfang ist nur rollende Reibung zu überwinden. Warum stellt man die Achsen und die Radbüchsen aus Eisen her? — Auf einem Schienengeleise kann ein Pferd einen schweren Wagen leichter ziehen als auf einer Straße. Warum? — Der Holzschlitter schmiert die Läufer seines Schlittens mit Seife. — Untersuche die Reibflächen der beweglichen Teile einer Maschine! — An den Fahrrädern sind Kugellager. Rings um die Achse liegen kleine Stahlkugeln, so daß zwischen Achse und Radbüchse nur rollende Reibung entsteht. (Fig. 97.)

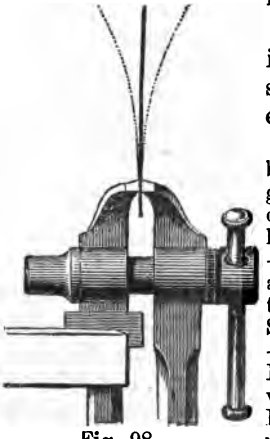


Fig. 98.

c) Wenn man in vielen Fällen bestrebt ist, die Reibung so viel als möglich zu beseitigen, so leistet sie doch auch manchmal erhebliche Dienste.

Bei Glatteis werden die Straßen mit Sand bestreut. — Ohne Reibung könnte man auf einer geneigten Fläche nicht stehen. — Warum steckt der Nagel fest in der Wand? — Mit einem Seil können wir besser festhalten als mit einer Stange. — Die Drehung eines Rades an einer Maschine kann auf ein anderes Rad durch Riemen oder Seile übertragen werden. — Im Winter müssen oft die Schienen der Eisenbahn mit Sand bestreut werden. — Anwendung der Bremse. — Soll eine schwere Last von einem Manne in der Schwebe gehalten werden, so muß derselbe das Seil, an welchem die Last hängt, um eine Stange oder einen Baum wickeln.

Fig. 99.

§ 35. Die Elastizität.

a) Eine Gummischnur wird länger, wenn man an beiden Enden zieht; sie nimmt aber sofort ihre ursprüngliche Länge wieder ein, wenn man mit dem Ziehen aufhört. — Biegt man ein eingeklemmtes Stahlband um, so kehrt es in seine erste Lage zurück. (Fig. 98.) — Solche Körper nennt man **elastische Körper.** Sie lassen durch Zug oder Druck eine Veränderung ihrer Gestalt oder Lage zu, nehmen aber nach Aufhören des Zuges oder Druckes ihre ursprüngliche Gestalt und Lage sofort wieder an.

Die größte Elastizität besitzen die gasförmigen Körper, die Flüssigkeiten die geringste. Zum Beweis stößt man den Kolben, der sich in einem dickwandigen Glasrohr auf- und abbewegen läßt, rasch hinab. (Fig. 99.) Die auf einen kleinen Raum zusammengepreßte Luft treibt den Kolben, wenn man ihn losläßt, sofort zurück. Fülle das Glasrohr mit Wasser und versuche, den Kolben nach unten zu drücken!

Prüfe Blei, Ton, Tannenholz, Wachs und andere bekannte Körper auf ihre Elastizität!

Fig. 100.

b) **Anwendungen:** Wagenfedern, Puffer an Eisenbahnwagen, Sprungbrett, volle Gummiräder, Gummiräder mit Luftschlauch, Matratzen, Polster, Kork, Luftkissen, Fischbein, Gummistöpsel, Metalldrähte oder Metallbänder. — Welche von diesen Körpern werden angewandt: 1. um Bewegungen hervorzurufen; 2. um Stöße unschädlich zu machen; 3. um einen guten Verschluß zu bewirken; 4. um einen Druck zu messen? — Fig. 100 zeigt eine Uhrfeder. Beim Aufziehen der Uhr wird die Feder gespannt; durch langsames Aufrollen setzt sie die Uhr in Gang.

§ 36. Der Schwerpunkt.

a) Legt man ein Lineal auf den ausgestreckten Finger, so findet man durch Probieren einen Punkt, bei dessen Unterstützung das Lineal in Ruhe, d. h. im Gleichgewicht bleibt. Dieser Punkt heißt **Schwerpunkt.**

Unterstützt man das Lineal in einem andern Punkte, so fällt es. — Legt man auf die eine Seite des Lineals einen Stein, so rückt auch der Schwerpunkt nach dieser Seite. — Um den Schwerpunkt herum müssen also alle Moleküle, aus denen der Körper besteht, gleichmäßig verteilt sein; deshalb ist der Körper bei Unterstützung des Schwerpunktes im **Gleichgewicht.**

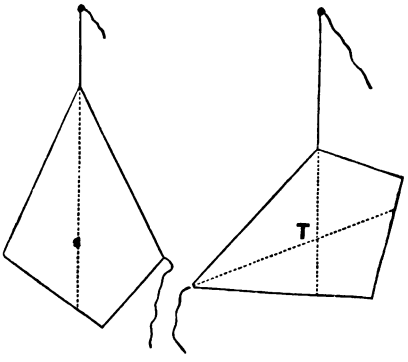


Fig. 101.

Man bestimmt die Lage des Schwerpunktes, indem man den Körper in verschiedenen Punkten aufhängt und mit einem Lote von jedem Unterstützungspunkt aus die Richtung der Schwerkraft bestimmt. Der Schwerpunkt liegt im Schnittpunkt dieser Schwerkraftslinien. (Fig. 101.)

Bei allen **hängenden Körpern** liegt der Schwerpunkt senkrecht unter dem Unterstützungspunkt. Wird ein solcher Körper aus seiner Ruhelage gebracht, so kehrt er immer wieder in dieselbe zurück. Alle hängenden Körper befinden sich im **sicheren Gleichgewicht.** (Fig. 102.)

Bei allen **stehenden Körpern** liegt der Schwerpunkt über dem Unterstützungspunkt. Ein solcher Körper kann umfallen, weil die im Schwerpunkte angreifende Schwerkraft denselben in die tiefste Lage bringen will. Die stehenden Körper sind im **unsicheren Gleichgewicht** (Fig. 103).

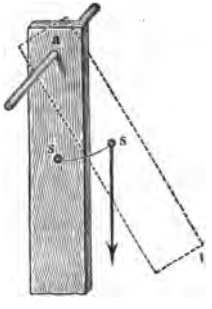


Fig. 102.

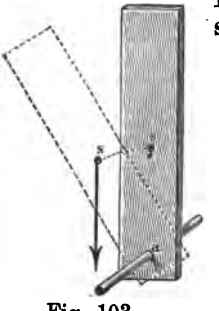


Fig. 103.

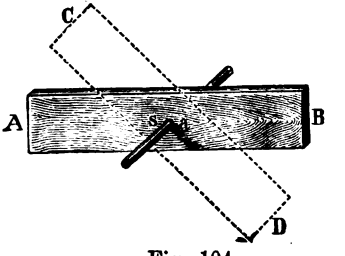


Fig. 104.

Ein Körper kann endlich noch im Schwerpunkte selbst unterstützt sein. Man mag den Körper drehen, wie man will, er bleibt in jeder Lage im Gleichgewicht; sein Schwerpunkt kann weder steigen noch fallen. Diese Körper sind im **indifferenten Gleichgewicht.** (Fig. 104.)

In welchem Gleichgewicht muß sich eine Balkenschaukel befinden, wenn die beiden schaukelnden Kinder gleiches Gewicht haben? — Auf der Mantelfläche liegende Kegel und Zylinder sind auf einer horizontalen Ebene im indifferenten Gleichgewicht. Warum? — Untersuche die Gleichgewichtslage der Kugeln einer Rechenmaschine, der Wagenräder, der Lotterieräder, der großen Räder einer Lokomotive!

b) Wann fällt ein stehender Körper um?

Zur Untersuchung nimmt man eine hölzerne Säule mit rechteckigem Querschnitt, welche man um eine Kante der Grundfläche dreht. Ein aufgehängtes Lot geht durch den Drehpunkt.

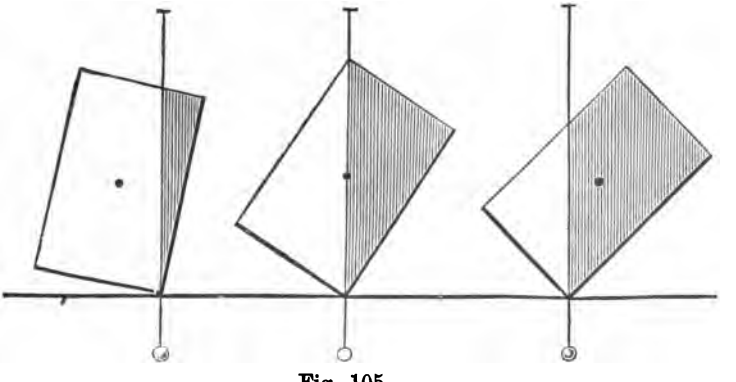


Fig. 105.

1. Lage: Der Schwerpunkt liegt noch jenseits des Lotes (im Sinne der Drehung). Wird der Körper losgelassen, so kehrt er in seine ursprüngliche Lage zurück, denn das Gewicht der jenseits des Lotes liegenden Moleküle ist größer als das Gewicht der diesseitigen.

2. Lage: Das Lot geht durch den Schwerpunkt. Der Körper bewegt sich weder nach der einen noch nach der andern Seite; denn auf beiden Seiten des Lotes sind die Moleküle gleichmäßig verteilt.

3. Lage: Der Schwerpunkt liegt jetzt diesseits des Lotes. Der Körper fällt um. Warum?

Ein Körper fällt um, wenn sein Schwerpunkt nicht mehr lotrecht über der Unterstützungsfläche liegt.

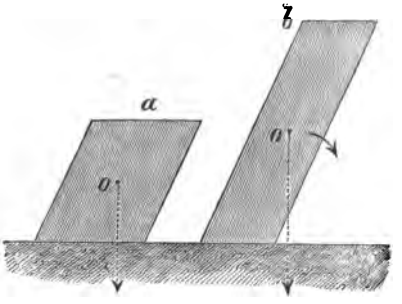


Fig. 106.

Beurteile die Gleichgewichtslage der in Fig. 106 abgebildeten Körper! — Alte Häuser haben oft schiefe Mauern und stürzen doch nicht ein. — Karren, welche mit dem einen Rad über einen Steinhaufen fahren. — Welche Stellung gibt man seinem Oberkörper, wenn man 1. in der rechten Hand einen schweren Handkoffer, 2. in beiden Händen gleich schwere Koffer trägt? — Warum muß sich ein Mann, der auf dem Rücken eine schwere Last trägt, nach vorn beugen? — Der schiefe Turm zu Pisa.

c) Um stehenden Körpern eine möglichst große **Standfestigkeit** zu geben, muß man dreierlei berücksichtigen: 1. die Größe ihrer Unterstützungsfläche, 2. ihr Gewicht, 3. die Lage ihres Schwerpunktes.

Ein Körper steht um so fester, je größer seine Unterstützungsfläche und sein Gewicht sind, und je tiefer sein Schwerpunkt liegt.

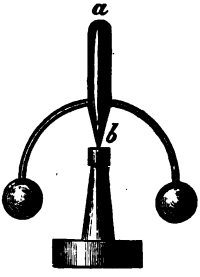


Fig. 107.

Prüfe die Standfestigkeit eines Menschen, wenn er in der Grundstellung und in der Ausfallstellung steht! — Zeichne die Unterstützungsfläche in diesen beiden Stellungen! — Ein dreibeiniger Schemel fällt leichter um als ein vierbeiniger. — Vergleiche in dieser Hinsicht einen hochbeladenen Wagen mit einem leeren! — Der Körper *a* steht nur auf der Spitze *b*. (Fig. 107.) Wird er umfallen? Drehe die Kugeln nach oben; wie ist es jetzt? — Lampenfüße sind möglichst breit und mit Blei ausgegossen. — Wo wird der Schiffsballast untergebracht? — Hohe Türme haben unten einen größeren Umfang als oben. — Stehaufmännchen, Purzelmännchen. — Bringe einen Kork auf einer Bleistiftspitze in das sichere Gleichgewicht!

§ 37. Der Fall.

a) Wenn ein Stein einen Bergabhang hinunterrollt, so wird seine Bewegung immer schneller. — Ein kleiner Stein kann leicht mit der Hand aufgefangen werden, wenn er nur 1—2 Meter in die Höhe geworfen wird; fällt er aus größerer Höhe, so kann er einen Menschen lebensgefährlich verletzen.

I. Jeder Körper fällt mit zunehmender Geschwindigkeit.

b) In der 1. Sekunde beträgt der Weg eines frei fallenden Körpers rund 5 Meter. Wenn leichte Körper (Papier) langsam fallen, so wird dieses nur durch den Widerstand der Luft verursacht; beseitigt man diesen Widerstand, so fällt ein Papierblatt ebenso schnell wie jeder andere Körper. — Man legt zum Beweise ein rundes Papierblättchen auf ein Geldstück

von gleicher Größe. Läßt man beide Körper zu gleicher Zeit los, so kommen sie zu gleicher Zeit auf dem Boden an.

II. Alle Körper fallen gleich schnell.

Ein großer Steinblock und ein Kieselsteinchen, ein Stück Blei und ein Kreidestückchen fallen in der Luft mit derselben Geschwindigkeit. — Im Wasser wird der Fall der Kreide durch den Widerstand des Wassers verlangsamt. — Baumblätter fallen langsam zur Erde. Beobachte den Fall der Früchte der Linde und des Ahorns! Vergleiche damit den Fall der Früchte des Kastanienbaumes, eines Obstbaumes!

c) Um zu erfahren, welchen Weg ein fallender Körper in einer bestimmten Zeit zurücklegt, läßt man vier Kugeln zu gleicher Zeit über ein geneigtes Brett rollen, das durch Striche in gleiche Abschnitte geteilt ist. Durch Querleisten werden 1, 4, 9 und 16 Abschnitte abgegrenzt. Durchläuft nun die 1. Kugel in 1 Sekunde 1 Abschnitt, so schlägt die 2. Kugel nach 2 Sekunden, die 3. nach 3 Sekunden, die 4. nach 4 Sekunden an der Querleiste an. In der doppelten Zeit durchläuft also der Körper den vierfachen Weg, in der dreifachen Zeit den neunfachen Weg der 1. Sekunde.

III. Der Weg eines fallenden Körpers ist gleich dem Produkt aus dem Quadrat der Fallzeit und dem Weg in der 1. Sekunde; oder: Man findet den Weg eines frei fallenden Körpers, indem man die Zahl der Sekunden ins Quadrat erhebt und mit 5 multipliziert.

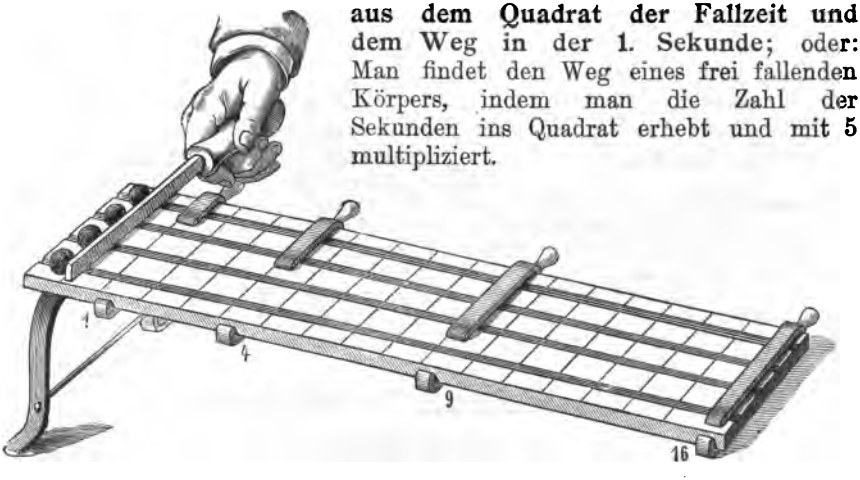


Fig. 108.

Aus der Fallzeit kann also die Fallhöhe berechnet werden.

1. Von einem hohen Turm läßt man einen Stein hinabfallen, der den Boden nach 4 Sekunden erreicht. Wie hoch ist der Stein hinuntergefallen?

2. Ein von einem Luftballon herabfallender Stein schlägt nach 7 Sekunden auf. Wie hoch schwebt der Ballon über der Erde?

3. Wieviel Zeit braucht ein Stein, um von einem 45 Meter hohen Turm den Boden zu erreichen?

§ 38. Die Schwungkraft.

a) Ein an einer dünnen Schnur befestigter Körper (Bleikugel) wird so bewegt, daß er eine kreisförmige Bahn um die Hand als Mittelpunkt

beschreibt. Die Schnur wird gespannt. Wird die Drehung schneller, so zerreißt die Schnur, und die Kugel fliegt weit fort.

Legt ein Körper einen kreisförmigen Weg zurück, so entsteht bei dieser Bewegung eine Kraft, die den Körper von dem Mittelpunkt des Kreises entfernen will. Diese Kraft heißt **Schwungkraft** oder **Zentrifugalkraft.**

Ersetzt man die Bleikugel durch einen Kork, so bemerkt man, daß die Schnur nicht so straff gespannt ist wie vorher; sie zerreißt auch nicht.

Nimmt man wieder die Schnur mit der Bleikugel zur Hand, so fühlt man, daß die Schwungkraft zunimmt je schneller man dreht und je länger der Halbmesser der Kreisbahn ist.

Je größer das Gewicht des Körpers, je länger der Halbmesser der Bahn und je schneller die Bewegung, desto größer die Schwungkraft.

b) Wer rasch im Kreise herum läuft, fährt oder reitet, neigt sich nach dem Mittelpunkt. — Vergleiche die Höhenlage der äußeren und der inneren Schiene an einer Eisenbahnkurve! Wegspritzen der Tropfen an einem rasch bewegten Schleifstein. Schleift man trocken, so kann man die Richtung der Funken leicht erkennen. — Schwingen des gewaschenen Salates im Drahtkorb. — Man kann ein Glas Wasser, einen Korb mit Erbsen im senkrechten Kreise herumdrehen, ohne daß etwas herausfällt. — Die Schleuder. — Ein elastischer Ring, der um eine senkrechte Achse gedreht wird, plattet sich ab. (Fig. 109.) — Wie erklärt sich die Abplattung der Erde an den Polen?

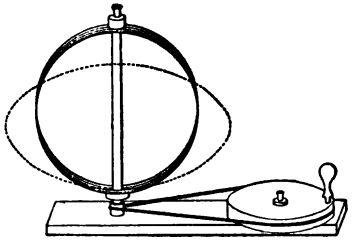


Fig. 109.

Anwendung: Viele Maschinen haben **Schwungräder** mit großem Durchmesser und schwerem Rande. Schwungkraft und Beharrungsvermögen kommen zur Anwendung. — Die **Honigschleuder:** Die mit Honig gefüllten Waben kommen in eine aus Drahtnetz angefertigte Trommel, welche sehr schnell um eine senkrechte Achse gedreht werden kann. Die Zentrifugalkraft schleudert den Honig aus den Zellen. — Ebenso beschaffen, nur größer, ist die **Saftzentrifuge** in Zuckersiedereien. Durch die Schwungkraft wird der Zuckersaft von dem Rübenbrei getrennt, so daß nur dieser zurückbleibt. — Bau und Wirkung des **Zentrifugalregulators** siehe § 56 *d*).

A. Mechanik der festen Körper.

§ 39. Der Hebel.

a) Auf einem Bauplatze, in einem Steinbruch können wir beobachten, daß die Arbeiter zum Losbrechen, Fortschieben oder Heben schwerer Steine eine starke unbiegsame Stange gebrauchen. Eine solche Stange heißt **Hebel** (Hebe- oder Brecheisen). Den Stein nennen wir **Last**, die Kraft der Arme des Arbeiters kurzweg **Kraft.**

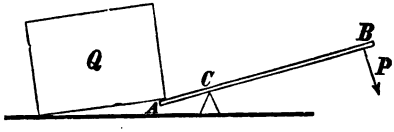


Fig. 110.

Will der Arbeiter eine schwere Last mit dem Hebel heben, so kann er es auf zweifache Weise versuchen:

1. Er schiebt einen kleinen Teil der Stange unter den Stein, legt unter die Stange einen Stein möglichst nahe an die Last und drückt nun, um die Last zu **heben,** das andere Ende des Hebels **hinunter.** — Da, wo der Hebel auf dem kleinen Stein

aufliegt, ist der **Drehpunkt.** Durch denselben wird der Hebel in zwei Teile oder **Arme** geteilt; deshalb heißt er **zweiarmiger Hebel.** Er hat einen **Kraftarm** und einen **Lastarm.**

Vergleiche die Länge dieser beiden Arme! — Welche Erfahrung macht man, wenn der Kraftarm verkürzt wird?

2. Der Arbeiter schiebt wieder ein kurzes Stück des Hebels unter die Last und drückt nun das Ende, das er in der Hand hält, **hinauf.** Der Drehpunkt liegt jetzt am andern Ende des Hebels. Der Kraftarm reicht vom Drehpunkt bis an die Hand des Arbeiters, der Lastarm vom Drehpunkt bis zu dem Punkte, wo die Last auf der Stange aufliegt. Da die beiden Arme sich teilweise decken, so daß scheinbar nur ein Arm vorhanden ist, nennt man diesen Hebel einen **einarmigen Hebel.**

Fig. 111.

Viele Werkzeuge bestehen aus einem oder zwei Hebeln: Schere, Zange, Schaufeln und Spaten beim Arbeiten, Nußknacker, Brotmesser. — Der Schubkarren stellt einen einarmigen Hebel vor. Warum legt man die Last möglichst nahe an das Rad? — Pumpenschwengel, Türklinken, Winkelhebel an Schellenzügen. — Das Trittbrett am Spinnrad, an der Nähmaschine. — Das Ruder. Der Drehpunkt liegt am Ende des Ruders im Wasser. Wo ist der Angriffspunkt der Last? — Hebel verschiedener Art befinden sich an allen Maschinen. — Der Unterarm des Menschen ist ein einarmiger Hebel. Wo liegt der Drehpunkt, der Angriffspunkt der Kraft, der der Last? Vergleiche die Längen der beiden Hebelarme miteinander!

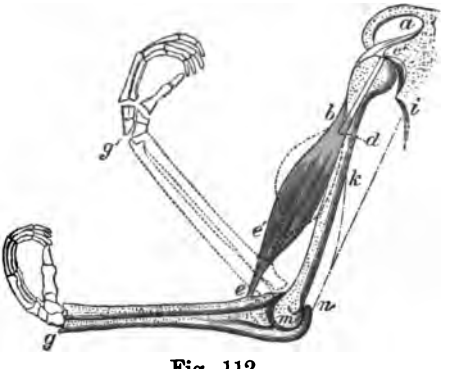


Fig. 112.

b) Die Erfahrung lehrt allgemein, daß man um so weniger Kraft zum Heben einer Last braucht, je länger der Kraftarm ist. Zur genaueren Untersuchung verwendet man den Hebelapparat, an welchem Kraft und Last durch Gewichte ersetzt sind.

An dem Hebelapparat (Fig. 113) hängen in gleicher Entfernung vom Drehpunkt gleiche Gewichte. Der Hebel ist dann im Gleichgewicht.

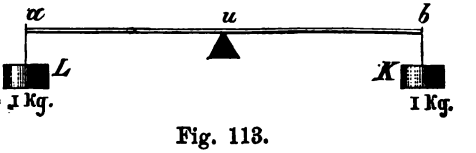


Fig. 113.

I. Der gleicharmige Hebel ist im Gleichgewicht, wenn Kraft und Last gleich sind.

c) Hängen 1 *kg* in einer Entfernung von 1 *cm* und 1 *kg* in einer Entfernung von 2 *cm* vom Drehpunkt, so ist der Hebel nicht mehr im Gleichgewicht, obwohl Kraft und Last gleich sind. Durch Versuche findet man, daß, wenn das zweite Gewicht durch ein solches von $^1/_2$ *kg* ersetzt wird, das Gleichgewicht wieder stattfindet.

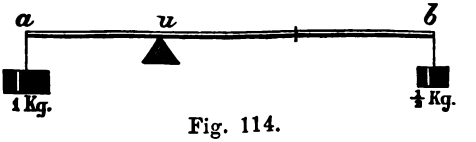


Fig. 114.

1000 *g* an einem Hebelarm von 1 *cm* haben dieselbe Wirkung wie 500 *g* an einem solchen von 2 *cm*. Weitere Versuche zeigen, daß 300 *g* an einem Hebelarm von 2 *cm* ebenso wirken wie 200 *g* an einem solchen von 3 *cm* Länge. — Multipliziert man die Maßzahl der Kraft mit der des Kraftarmes und die Maßzahl der Last mit der des Lastarmes, so erhält man gleiche Produkte. Diese Produkte, die durch Zahlen ausgedrückt werden, nennt man Drehmomente, und diese Drehmomente dürfen nicht mit der Kraft oder Last verwechselt werden.

II. Das Drehmoment ist gleich dem Produkt aus den Maßzahlen des Hebelarmes und der daran wirkenden Kraft.

III. Der Hebel ist im Gleichgewicht, wenn die Drehmomente gleich sind.

Das unter *c*) gefundene Gesetz gilt für alle Hebel. Es ergibt sich noch weiter: **Das Verhältnis von Kraft und Last ist gleich dem umgekehrten Verhältnis ihrer Hebelarme.**

d) Einer der wichtigsten Hebel ist der **gleicharmige.** (Fig. 115.) Er findet seine Hauptanwendung in der **Wage.**

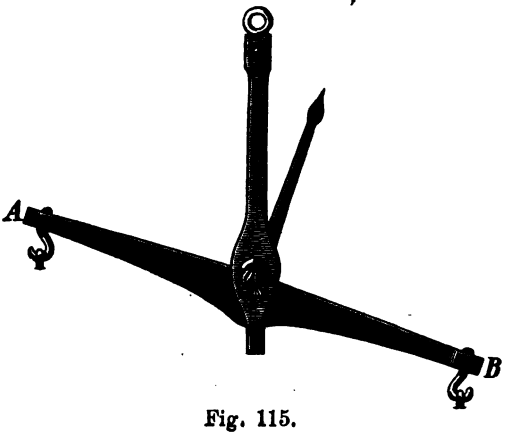


Fig. 115.

Der Wagebalken dreht sich in einer Schere. Das Zünglein bildet mit dem Wagebalken einen rechten Winkel. In *A* und *B* sind durch Ketten gleich schwere Schalen aufgehängt. Wann steht das Zünglein genau lotrecht? Es zeigt deutlich den kleinsten Ausschlag des Wagebalkens an.

Eine gute Wage muß zwei Bedingungen erfüllen.

Sie muß 1. **richtig** sein. Ist die Wage unbelastet, oder tragen die Schalen gleiche Gewichte, so muß der Balken genau wagerecht, das Zünglein also genau lotrecht stehen. Zur Prüfung verwechsle man die Schalen.

Sie muß 2. **empfindlich** sein, d. h. bei einem kleinen Übergewicht auf der einen Seite noch deutlich ausschlagen. Je länger und je leichter der Wagebalken ist, desto empfindlicher ist die Wage. Außerdem muß die Reibung im Drehpunkt möglichst klein sein, Stahlschneide als Drehungsachse; die Lager sind bei feinen Wagen aus Achat.

e) Statt der Hebelwage findet man häufig die **Federwage** in Gebrauch; Kaufleute dürfen diese letztere nicht gebrauchen. Die auf die Schale gelegte Ware drückt auf eine Spiralfeder, und diese setzt einen Zeiger in Bewegung, welcher das Gewicht auf einem Zifferblatt anzeigt. Da aber mit der Zeit die Elastizität der Feder sich ändert, ist die Wage nicht dauernd richtig.

Die Wagen der Kaufleute werden öfters durch die Eichmeister auf ihre Richtigkeit und Empfindlichkeit geprüft.

Um rasch das Gewicht eines Gegenstandes bestimmen zu können, wendet man die **Schnellwage** an. Sie besteht im wesentlichen aus einem

zweiarmigen, ungleicharmigen Hebel. Auf dem längeren Arme ist ein Laufgewicht verschiebbar. Ist Gleichgewicht hergestellt, so gibt die Zahl auf dem Hebelarm, bei welcher das Laufgewicht gerade steht, das Gewicht des Gegenstandes an.

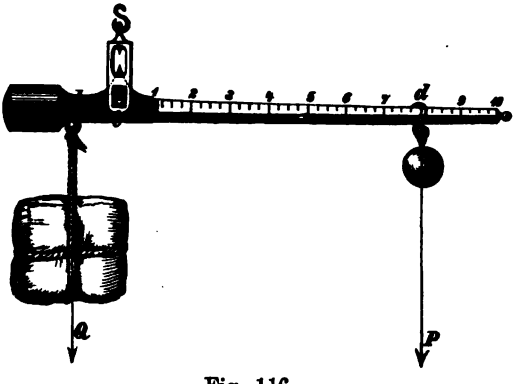


Fig. 116.

Wie sind diese Zahlen bestimmt worden? — Wenn die Last Q (Fig. 116) vergrößert wird, nach welcher Seite muß dann das Laufgewicht geschoben werden?

f) Zum Wiegen eines Gegenstandes von großem Gewichte (ein Sack Weizen, Kartoffeln, ein Faß Wein) gebraucht man die **Dezimal-** oder **Brückenwage.**

Ein senkrechter Holzständer trägt den um C drehbaren Wagebalken AD. In B hängt eine Eisenstange BM; sie trägt die Brücke MN, auf welche die zu wiegende Ware gestellt wird. Der Punkt B ist so gewählt, daß sich AC zu CB verhält wie 10 : 1. Damit man nun die Ware auf eine beliebige Stelle der Brücke legen kann, ohne die Gewichtsbestimmung zu beeinträchtigen, ruht die Brücke auf dem einarmigen Hebel PR im Punkte Q. Dieser einarmige Hebel, der seinen Drehpunkt in P hat, hängt an der Eisenstange DR; dabei ist zu bemerken, daß $CB : CD = PQ : PR = 1 : 5$. — Es ist nun nachzuweisen, daß bei dieser Einrichtung die Lage der Ware auf der Brücke ohne Einfluß ist, d. h., daß die Wirkung so ist, als ob die ganze Last von der Stange MB getragen würde.

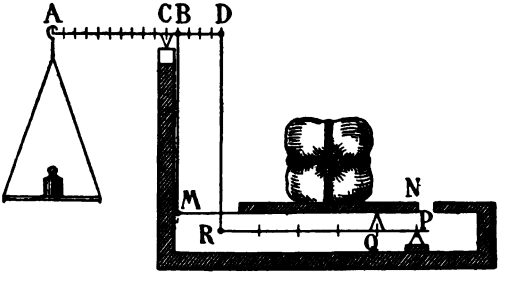


Fig. 117.

Angenommen, es liege eine Last von 90 *kg* so auf der Brücke, daß 50 *kg* in M, also auch in B, und 40 *kg* in Q wirken. Da RP fünfmal so lang als PQ ist, hält eine Kraft von $^{40}/_{5} = 8$ *kg* in R, also auch in D, der Last von 40 *kg* das Gleichgewicht. Da CD fünfmal so lang als CB ist, so ist eine Last von 8 *kg* in D gleich einer solchen von 5×8 oder 40 *kg* in B. Die Gesamtwirkung in B ist also gleich $50 + 40 = 90$ *kg*. — Legt man die 90 *kg* so auf die Brücke, daß 25 *kg* in M (oder B) und 65 *kg* in Q wirken, so können die 65 *kg* in Q durch 13 *kg* in D und diese wieder durch 65 *kg* in B ersetzt werden. Die Gesamtwirkung in B ist also wiederum gleich $25 + 65$ *kg* $= 90$ *kg*. — Da nun $AC : CB = 10 : 1$, so halten 9 *kg* in A den 90 *kg* in B das Gleichgewicht. — Der Vorteil der Brückenwage besteht also darin, daß die auf die Wageschale gelegten Gewichtsstücke nur $^{1}/_{10}$ des wirklichen Gewichtes der Last betragen.

Ist AC hundertmal so lang als CB, so hat man eine **Zentesimalwage.** Die Brücke dieser Wage wird meistens in die Straßenebene gelegt, so daß Wagen unmittelbar darauf fahren und abgewogen werden können.

§ 40. Die Rolle.

a) Auf jedem Bauplatze kann man beobachten, daß die Arbeiter Mörtelkübel, kleinere Steine, Bretter und Balken mit Hülfe einer **Rolle** in die Höhe schaffen. Bei dieser Arbeit wird nicht an Kraft gespart; denn der Durchmesser *a b* der Rolle stellt einen **gleicharmigen Hebel** vor, dessen Drehpunkt in *c* liegt und an dessen Endpunkten Kraft und Last angreifen. (Fig. 118.) Man wendet die Rolle nur an, um Zeit zu sparen; denn der senkrechte Weg ist kürzer als jeder andere, der auf die Höhe des Mauerwerkes über Leitern und Gerüste führt. Da bei dieser Arbeit der Mittelpunkt der Rolle seine Lage nicht verändert, nennt man sie **feste Rolle.**

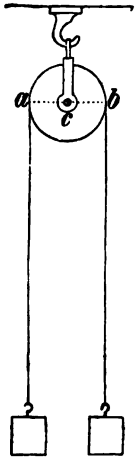


Fig. 118.

Die feste Rolle ist im Gleichgewicht, wenn Kraft und Last gleich sind.

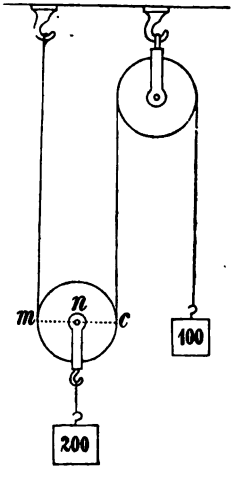


Fig. 119.

Welchen Zweck hat die Rinne am Umfang der Rolle? — Feste Rollen findet man an Hängelampen, Zuggardinen, Rouleaux, am Rammklotz.

b) Die feste Rolle ist meistens oben am Gerüst befestigt. Ist die zu hebende Last am Drehpunkt der Rolle aufgehängt (Fig. 119), so wird beim Emporziehen der Last die Rolle mit hinaufgezogen; sie heißt jetzt **bewegliche Rolle.** Aus der Figur ersieht man, in welcher Weise die bewegliche Rolle mit einer festen verbunden wird.

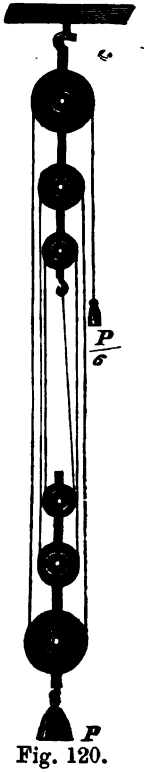


Fig. 120.

Der Durchmesser *m c* der beweglichen Rolle ist ein einarmiger Hebel, dessen Drehpunkt in *m* liegt. Der Kraftarm *m c* ist doppelt so lang als der Lastarm *m n*; die Kraft zum Heben ist also nur die Hälfte der Last.

Die bewegliche Rolle ist im Gleichgewicht, wenn die Kraft halb so groß ist wie die Last.

Bei Anwendung der beweglichen Rolle hat man also einen Vorteil; man spart an Kraft. Beobachtet man aber genau die Bewegung der Last, so nimmt man wahr, daß, wenn die Kraft (100 *g*) 1 *m* tief sinkt, die Last (200 *g*) nur $^1/_2$ *m* hoch steigt. **Jeder Kraftgewinn ist mit einem entsprechenden Zeitverlust verbunden.**

An den Gewichten größerer Turmuhren findet man bewegliche Rollen.

c) Der **Flaschenzug** (Fig. 120) zeigt eine Verbindung von (meistens) 3 festen und 3 beweglichen Rollen. Je 3 Rollen sind in einer eisernen Schere, **Flasche** genannt, drehbar.

Wird an dem freien Ende des um die 6 Rollen gelegten Seiles

mit einer Kraft von 10 *kg* gezogen, so wird auch jede der 3 festen Rollen mit einer Kraft von 10 *kg* gedreht; folglich beträgt auch die Kraft an jeder beweglichen Rolle 10 *kg*. Es kann also mit jeder beweglichen Rolle eine Last von 20 *kg*, mit allen drei eine Last von $3 \times 20 = 60$ *kg* gehoben werden.

Ein Flaschenzug ist im Gleichgewicht, wenn die Kraft den sovielten Teil der Last beträgt, als Rollen vorhanden sind.

Weise bei dem Flaschenzug das Verhältnis zwischen Kraftgewinn und Zeitverlust nach!

Der Flaschenzug wird zum Heben schwerer Lasten gebraucht.

§ 41. Die schiefe Ebene.

a) Ein schweres Faß soll auf einen Wagen geladen werden, und die Kraft des Fuhrmannes reicht nicht aus, um die Last zu heben. Eine kurze Leiter (ein starkes Brett) wird an den Wagen gelehnt, und mit geringer Mühe kann nun das Faß auf den Wagen gerollt werden. Bei dieser Arbeit macht der Fuhrmann die Erfahrung, daß er um so weniger Kraft zum Hinaufrollen des Fasses braucht, je schiefer die Leiter steht.

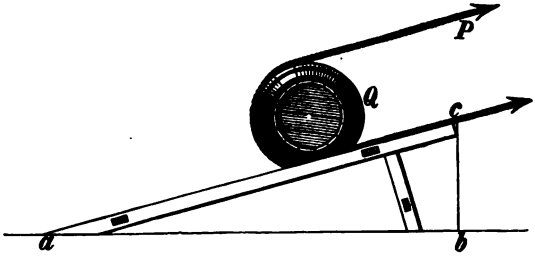


Fig. 121.

Die Leiter bildet mit dem Boden einen spitzen Winkel und heißt deswegen **schiefe Ebene.**

Je kleiner der Winkel ist, den die schiefe Ebene mit dem Boden bildet, desto kleiner ist auch die Kraft, die zum Heben nötig ist.

Bei Anwendung der schiefen Ebene legt die zu hebende Last nicht den senkrechten, sondern einen schiefen, also längeren Weg zurück; also auch hier **Kraftersparnis** und **Zeitverlust.**

Anwendung als Schrotleiter, nicht nur zum bequemeren Heben, sondern auch zum langsamen Hinunterlassen schwerer Lasten. — Bei einem Hausbau werden Steine, Mörtel etc. auf schiefen Ebenen hinaufgetragen. — Leitern und Treppen sind schiefe Ebenen. Warum steigt man an einer schiefen Leiter leichter in die Höhe als an einer senkrechten? — Verladen schwerer Kisten, Steine, Baumstämme. Zeichne eine Schrotleiter! — Gebirgsstraßen. Warum haben diese Straßen oft viele Windungen? — Zahnrad- und Drahtseilbahnen.

b) **Der Keil** wird mit seiner Schneide zwischen die Teile eines Körpers getrieben, um dieselben voneinander zu trennen. Das Dreieck ABC stellt den Längsschnitt eines Keiles dar. Durch die Höhe des Dreieckes wird der Keil in zwei schiefe Ebenen zerlegt. Es gilt also auch hier das Gesetz: **Je kleiner der Winkel (oder der Rücken AB) ist, desto weniger Kraft braucht man.**

Anwendung: Der Holzhacker gebraucht Keile aus Eisen oder Holz, um die Stämme zu spalten. — Steht ein Möbel nicht fest, so treibt man einen kleinen Keil unter einen der Füße. — Messer, Beile, Meißel, Spaten, Hacken sind Keile.

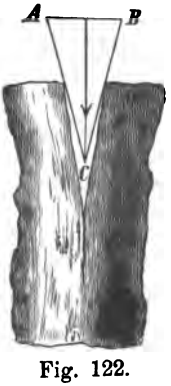


Fig. 122.

c) Die längste Seite (Hypotenuse) eines rechtwinkeligen Dreieckes, welches so aufgestellt ist, daß der eine Schenkel des rechten Winkels wagerecht liegt, ist das Bild einer schiefen Ebene. Wickelt man ein solches Dreieck um einen runden Stab, so entsteht aus der Hypotenuse eine Schraubenlinie. (Fig. 123.) Das Ganze zeigt uns, daß **die Schraube als eine um eine Achse gewickelte schiefe Ebene zu betrachten ist.**

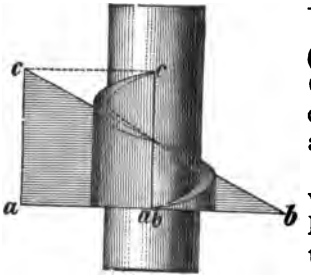


Fig. 123.

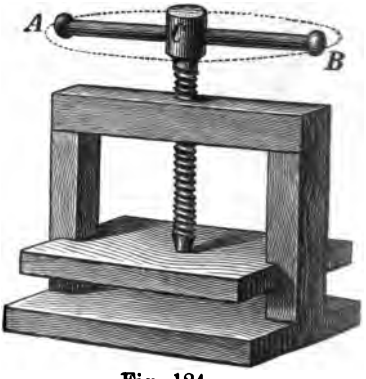


Fig. 124.

Die Schraube findet eine Hauptanwendung in der **Schraubenpresse.** (Fig. 124.) Sie dient zum Pressen von Pflanzen, Büchern, auch zum Auspressen saftiger Früchte, der Weintrauben. Mit geringer Kraft kann ein gewaltiger Druck ausgeübt werden, besonders wenn die Kraft an den Enden eines Hebels AB angreift. Dabei macht man die Erfahrung, daß man um so weniger Kraft braucht, je näher die **Schraubengänge** beieinander liegen. In diesem Falle bildet nämlich die schiefe Ebene einen kleinen Winkel mit der wagerechten Richtung.

Je kleiner der Abstand der Schraubengänge, desto größer die Ersparnis an Kraft.

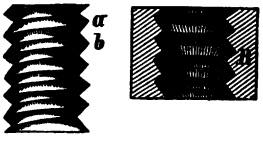


Fig. 125.

Eine vollständige Schraube besteht aus Schraubenspindel und Schraubenmutter. (Fig. 125.) — Anwendung der Schrauben zum Befestigen und Vereinigen zweier Körper. — Schrauben haften besser als Nägel. Warum? — Wagenbremse. Die Schraubenwinde. Mit dieser können ganze Dachstühle, Denkmäler, Häuser aus Fachwerk gehoben werden. — Schneckentreppen; Vorteile derselben. — Korkzieher, Schraubstock.

§ 42. Die Maschinen.

a) Ein Arbeiter soll einen Stein von 100 *kg* Gewicht heben. Da seine Kraft nicht ausreicht, um diese Arbeit zu leisten, so gebraucht er einen Hebel. Er wird nun mit einer Kraft, die kleiner ist als 100 *kg*, die Last bewegen können, dafür wird aber die Kraft einen größeren Weg zurücklegen als die Last.

Verhält sich die Kraft zur Last wie 1 : 5, so werden sich die zurückgelegten Wege wie 5 : 1 verhalten. Das Produkt aus Kraft und Weg ist also gleich demjenigen aus Last und Weg. Dieses Produkt heißt **Arbeit.**

Es ist meistens von Vorteil, wenn man mit der Muskelkraft nicht unmittelbar an der Last angreift, sondern durch eine Vorrichtung die Kraft auf die Last wirken läßt. Eine solche Vorrichtung heißt **Maschine.** Der Vorteil bei Anwendung einer Maschine zur Leistung einer Arbeit

besteht darin, daß man mit einer kleinen Kraft eine größere Last überwinden kann. Immer aber muß man bedenken, daß mit diesem Vorteil ein Nachteil verbunden ist, nämlich, daß die Kraft einen größeren Weg zurücklegen muß als die Last, daß also die Arbeit auf beiden Seiten gleich ist (**Goldene Regel der Mechanik**).

Die einfachsten Maschinen sind: Hebel, Rolle, schiefe Ebene, Schraube. — Weise bei diesen die Wahrheit der „goldenen Regel" nach!

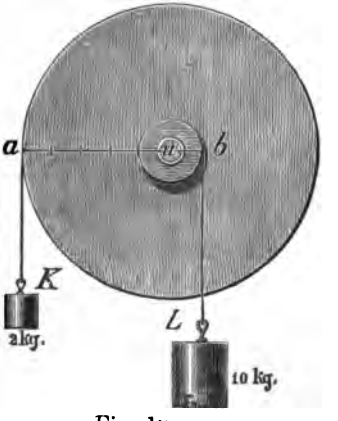


Fig. 126.

b) Das **Wellrad** ist eine vielfach angewendete Maschine. Ein Rad ist mit einer Welle fest verbunden. Meistens wirkt die Kraft am Umfang des Rades, die Last an dem der Welle. Die Radien *au* und *ub* stellen einen zweiarmigen Hebel dar, dessen Drehpunkt in *u* liegt. **Das Wellrad ist im Gleichgewicht, wenn sich die Kraft zur Last verhält wie der Radius der Welle zu dem des Rades.**

Bei der Winde (Fig. 127) und dem Haspel (Fig. 128) trägt die Welle statt des vollen Rades nur eine oder vier Speichen. Ist die Speiche mit einem Handgriff versehen, so nennt man sie Kurbel.

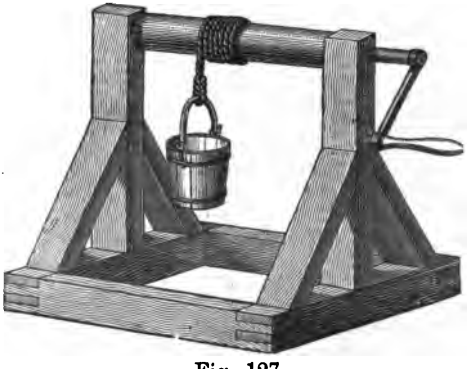


Fig. 127.

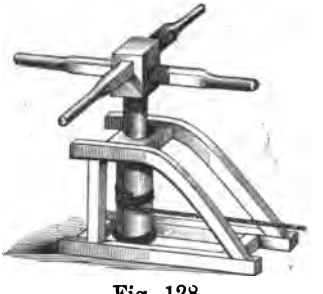


Fig. 128.

Gib im Haushalte vorkommende Geräte an, welche vermittelst einer Kurbel in Bewegung gesetzt werden! Gib im allgemeinen das Verhältnis zwischen Länge des Kurbelarmes und Halbmessers der Welle an, wenn die Bewegung leicht von statten gehen soll!

Zur Übertragung der Bewegung eines Rades auf ein anderes werden die Umfänge beider Räder mit Zähnen versehen, die genau ineinander greifen. Fig. 129 zeigt zwei konische Zahnräder; durch dieselben kann die Bewegung einer wagerechten Welle auf eine senkrechte übertragen werden.

c) Auf Güterbahnhöfen, in großen Fabriken, an See- und Flußhäfen wird zum Heben schwerer Lasten der **Kran** verwendet. Die Kurbel *K* wird meistens durch Menschenkraft (oft auch durch eine Dampfmaschine) gedreht. Die dicke Zugkette ist auf die Kettentrommel *w* aufgewickelt. Zeige, wie diese Kraft schließlich auf die Last *Q* übertragen wird!

D ist eine feste, *E* eine bewegliche Rolle. Weise auch hier nach, daß man wohl bedeutend an Kraft gewinnt, aber ebensoviel an Zeit verliert! (Fig. 130.)

Fig. 129.

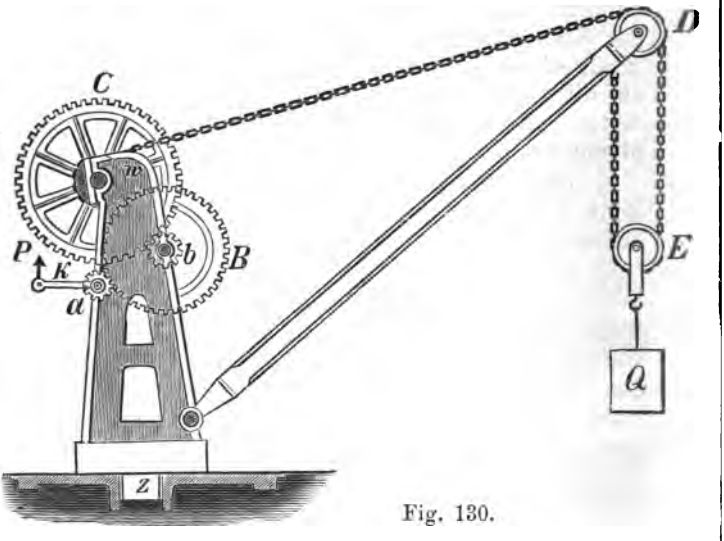


Fig. 130.

d) Eine der wichtigsten Maschinen, von welcher man einen möglichst genauen Gang verlangt, ist die **Uhr.**

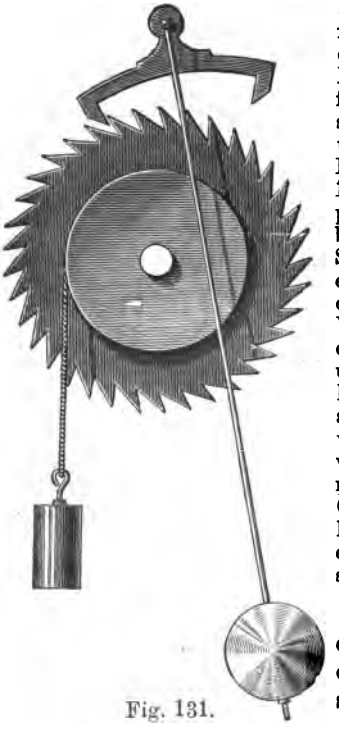


Fig. 131.

Die ältesten Zeitmesser waren die Gestirne. Die Zeit von einem Mittag zum andern ergab den Sonnentag, der Mondwechsel (Vollmond bis wieder Vollmond) den Monat. Um innerhalb des einzelnen Tages die Zeitpunkte für Anfang und Ende der Arbeit, für die Einnahme der Nahrung etc. festzusetzen, wurde der Schatten eines senkrecht stehenden Stabes beobachtet. Das Gnomon, die Sonnenuhr waren die ersten Meßinstrumente für die Zeit. Da der Schatten mit dem Gang der Sonne seine Richtung stets verändert, so konnten gewisse Zeitpunkte nach der Länge oder der Lage des Schattens bestimmt werden. Da aber diese Uhren nur bei Sonnenschein Anwendung finden konnten, so mußte eine Vorrichtung ersonnen werden, welche die Zeit ohne Mithilfe der Sonne einteilte. Eine Sand- oder Wassermenge, welche in einer bestimmten Zeit aus einem Gefäß auslief, war das zunächst liegende Mittel, und so wurden die Sand- und Wasseruhren erfunden. Bis in das 17. Jahrhundert hinein fanden diese Uhren allgemeine Verwendung. Als man sie durch Räderwerke, die durch ein Gewicht in Gang gebracht wurden, ersetzte, war hinsichtlich der Genauigkeit nicht viel gewonnen, weil beim langsamen Fallen des Gewichtes die Uhr immer schneller ging. Den Regulator, das Pendel, verdanken wir Galilei, und jetzt erst gelang es, sehr genau gehende Uhren herzustellen.

Eine Uhr besteht aus einem Gehwerk, einem Regulierwerk, einem Zeigerwerk und einem Schlagwerk. Die beiden ersten Werke sind die Hauptbestandteile jeder Uhr.

Das **Gehwerk** besteht aus dem Steigrad und dem Gewichte. (Fig. 131.) Das Steigrad ist ein Wellrad. Um die Welle ist eine Schnur gewickelt, welche das Gewicht trägt; der Umfang des Rades ist mit scharfen Zähnen versehen. Infolge der Schwerkraft fällt das Gewicht und dreht damit das Rad, das nun seine Bewegung anderen Rädern, welche die Zeiger tragen, übermittelt. Da die Bewegung eines fallenden Körpers aber eine beschleunigte ist, muß das Steigrad sich immer schneller drehen, die Uhr also vorgehen. — Das **Regulierwerk** besteht aus Pendel und Anker. Das Pendel, eine lange, dünne Stange mit schwerer Metallscheibe, schwingt immer **regelmäßig** hin und her, und da es mit dem Anker fest verbunden ist, so greift auch dieser mit seinen Haken regelmäßig in die Zahnlücken des Steigrades ein und läßt bei jeder Schwingung nur einen Zahn desselben durch. Dadurch wird die ganze Drehung des Rades in kleine, ganz gleiche Bewegungsabschnitte geteilt.

Die erste brauchbare, durch Gewichte in Bewegung gesetzte Pendeluhr verdanken wir dem Niederländer **Huygens** (1658).

Läßt man ein Lot als Pendel schwingen, so beobachtet man, daß die Zeit, die das Pendel zu einer Schwingung braucht, dieselbe bleibt, mögen die Schwingungen nun groß oder klein sein.

I. Die Schwingungen eines Pendels sind von gleicher Zeitdauer. Verkürzt man aber das Pendel, so macht man folgende Erfahrung:

II. Kürzere Pendel schwingen schneller als längere.

Besteht das Pendel ganz aus Metall, so wird der Gang der Uhr durch den Wechsel der Temperatur beeinflußt. In einem kalten Raume wird die Uhr voreilen, im Sommer wird sie nachgehen. Warum? — Um den Gang des Pendels von dem Einfluß der Temperatur unabhängig zu machen, wird die Pendelstange aus trockenem Holze verfertigt. Uhren, die absolut genau gehen sollen, sind mit einem **Kompensationspendel** ausgerüstet. Die Stangen *a* und *c* sind aus Stahl, *b* und *d* aus Messing; *a* und *c* dehnen sich nach unten, *b* und *d* um ebensoviel nach oben aus. Die Ausdehnung der einen hebt also die der andern auf (kompensieren), und das Pendel behält immer dieselbe Länge bei. (Fig. 132.)

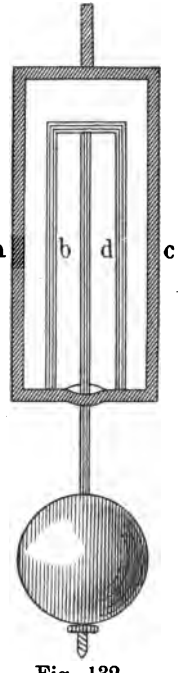


Fig. 132.

Bei den Taschenuhren ist das Gewicht durch eine Spiralfeder ersetzt. Das Regulierwerk besteht aus einem kleinen Schwungrad (Unruhe), das regelmäßig hin- und herschwingt und so eine regelmäßige Hemmung des Steigrades bewirkt.

e) In allen Haushaltungen findet man heutzutage die **Nähmaschine.**

Der Erfinder der eigentlichen Nähmaschine ist der Amerikaner Elias Howe (1846), wesentlich verbessert wurde sie durch Singer in New York.

Bei den guten Nähmaschinen kommt nur der **Doppelsteppstich** zur Anwendung. Die Herstellung dieses Stiches, der sich durch Einfachheit,

Haltbarkeit und Schönheit der **Naht** auszeichnet, erfolgt mittelst zweier Fäden. Der **Oberfaden** führt von einer auf der Maschine sitzenden Spule durch Widerstände hindurch zur **Nadel**; der **Unterfaden** liegt aufgespult in einem **Schiffchen**, das durch einen Arm hin- und herbewegt wird.

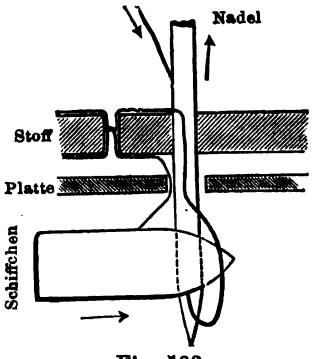


Fig. 133.

Ist die Nadel durch den **Stoff** gedrungen, so entsteht beim Aufwärtsbewegen derselben eine Schlinge unterhalb des Stoffes. Durch diese Schlinge schlüpft das Schiffchen und führt den Unterfaden hindurch. Wird nun die Schlinge durch die weiter nach oben gehende Nadel emporgezogen, so verhindert der Unterfaden, daß der Oberfaden wieder aus dem Stoff heraustritt, es entsteht also in der Mitte der Stoffdicke eine vollständige Kreuzung beider Fäden. **Der Stoffdrücker** schiebt den Stoff nach jedem Stich um dessen Länge vorwärts. — Der **Betrieb** erfolgt meistens durch Menschenkraft (Elektromotore in großen Nähwerkstätten) mit Hand- oder Fußbewegung. Die Nähmaschinen zeigen die Anwendung des Hebels am Trittbrett, des Schwungrades, der Kurbel und der Pleuelstange zur Umsetzung einer geradlinigen Bewegung in eine kreisende, der Zahnräder zur Übertragung der Bewegung von einem Punkte auf einen andern.

B. Mechanik der flüssigen Körper.

§ 43. Stehendes und fließendes Wasser.

a) Ein fester Körper kann auf einer geneigten Fläche im Zustande der Ruhe beharren, weil die Reibung der Schwerkraft entgegenwirkt und dieselbe unwirksam macht; außerdem hält die Kohäsion die einzelnen Teilchen des Körpers fest zusammen. Bei flüssigen Körpern sind die Kohäsion und die Reibung so gering, daß diese Körper der Schwerkraft keinen Widerstand entgegensetzen, sondern derselben unbedingt folgen. Gibt man ihrer Unterstützungsfläche die geringste Neigung, so rollen die Flüssigkeitsteilchen übereinander hinweg; die Flüssigkeit **fließt**.

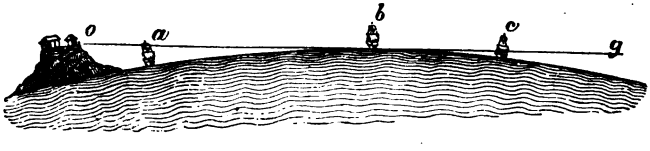


Fig. 134.

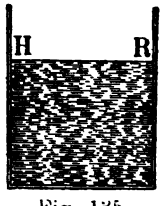


Fig. 135.

Da alle Wassertropfen gleichmäßig unter dem Einfluß der Schwerkraft stehen, muß die **Oberfläche** der Meere eine **Kugelfläche** sein. (Fig. 134.) Das von *o* aus gesehene Schiff *a* scheint demnach beim Fort-

Fig. 157. Porphyrlandschaft aus dem Eggental bei Bozen.

fahren zunächst zu steigen und dann langsam unterzusinken. Die Oberfläche kleiner Wassermengen bildet eine **wagerechte Ebene.** (Fig. 135.)

Die Geschwindigkeit des Fließens oder die Strömung ist von der Neigung der Unterstützungsfläche (des Bettes) abhängig. **Je höher die Quelle über der Mündung, desto stärker die Strömung.**

Um die Strömung zu messen, stellt man fest, welchen Weg ein schwimmender Körper (Brettchen) in einer bestimmten Zeit (Sekunde oder Minute) zurücklegt.

b) Stehendes Wasser ist meistens klar und durchsichtig, fließendes Wasser dagegen trüb.

Wenn es im Sandsteingebirge stark geregnet hat, so werden bald die hochangeschwollenen Bäche, die dort entspringen, schlammiges, braun oder rot gefärbtes Wasser in die Ebene führen. — Füllt man ein Glasgefäß mit diesem Wasser, so wird die Flüssigkeit nach und nach klar, während sich auf dem Grund des Gefäßes feiner Sand ablagert.

Fließende Gewässer sind durch mitgeführte Erdteilchen trüb gefärbt.

Jeder Bach oder Fluß reißt täglich von den Ufern Erde oder kleine Steinstückchen los und führt sie mit sich. Bei Hochwasser werden oft größere Stücke Land losgelöst und fortgeschwemmt. Die im Wasser hängenden Erdteilchen sinken langsam nieder und verändern das Flußbett.

Auf dem Flußbett findet man auch rundliche oder flache, glattgeschliffene Steine. Im Gebirge fallen abgebröckelte Felsstücke in die Bäche, und diese führen sie mit sich fort. Dadurch reiben sich die Steine gegenseitig ab; so entstehen **Kies** und **Sand.** (Fig. 136.)

Wo diese Sinkstoffe sich niederlassen, bilden sich **Sandbänke,** welche nach und nach dem fließenden Wasser den Weg versperren. Auf diese Weise entstehen die **Krümmungen** der Flüsse.

Da am Außenrand der Krümmung das Wasser schneller fließt als am Innenrand, so sind an jenem Ufer die Zerstörungen des Wassers besonders groß. Am Ufer stehende Bäume werden entwurzelt, Wiesenflächen oder Ackerstrecken unterwühlt und fortgeschwemmt.

Zur Verhütung dieser Zerstörungen werden die Flußläufe **reguliert.** Die schrägen Böschungen der Ufer schützt man gegen den Angriff des Wassers durch Flechtwerk von Ästen und Zweigen oder durch Mauerwerk. Die Krümmungen werden beseitigt. Man zwingt den Fluß, eine möglichst gerade Richtung einzuhalten, indem man starke Dämme an seinen Ufern erbaut.

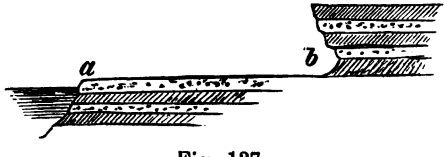


Fig. 137.

Die **toten Flußarme** versumpfen nach und nach; Schilf, Riedgräser und andere Pflanzen, die dem Landmann nicht nützen können, siedeln sich an. Durch Trockenlegung und Ausfüllung mit guter Erde können diese Sümpfe für die Landwirtschaft gewonnen werden.

Ähnliche Zerstörungen, nur in größerem Maßstabe, verursacht auch das Meer. Von den Ufern reißt der gewaltige Wellenschlag oft größere Schollen ab; so entstehen die Küstenplattformen. An anderen Stellen werden die losgerissenen Teile als Sand oder Schlamm wieder abgelagert. (Fig. 137.)

Küsten der Nord- und Ostsee. — Marschland, Geestland, Dünen. — Insel Helgoland. An ihren senkrechten Felswänden und den zahlreichen, säulenförmig

Klippen erkennt man leicht die zerstörende Wirkung des Wellenschlages. (Fig. 138.) — Die Nilüberschwemmungen in Ägypten. — Die Deltabildung. — Manche Stadt

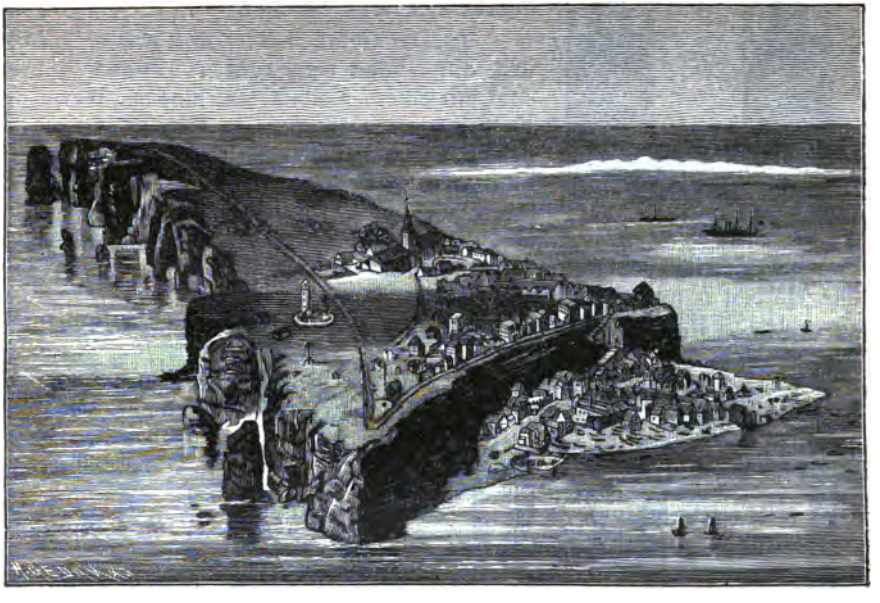


Fig. 138.

lag früher an der See und ist jetzt durch eine breite Landstrecke von ihr getrennt. — Versanden der Häfen. — Kies- und Sandgruben oft weit vom jetzigen Lauf des Stromes.

§ 44. Der allseitige Druck.

a) Um einen Holzzylinder wird eine Papierhülse gelegt. Drückt man von oben auf den auf dem Tische stehenden Zylinder, so wirkt dieser Druck nicht auf die Papierhülse. — Ein auf einen **festen Körper** ausgeübter Druck pflanzt sich nach **einer** Richtung fort.

Nach Entfernung des Holzkernes wird die Hülse mit Erbsen gefüllt und wieder von oben nach unten gedrückt. Die Papierhülse platzt an mehreren Stellen, weil sich der Druck nach allen Richtungen fortpflanzt. — Zwischen den einzelnen Erbsen ist keine Zusammenhangskraft. Infolge des Druckes setzen sie sich in Bewegung und suchen nach allen Seiten auszuweichen. (Fig. 139.)

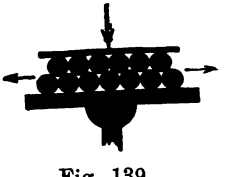


Fig. 139.

Füllt man einen mit vielen kleinen Löchern durchbohrten Gummiball mit Wasser, und übt man von oben nach unten einen Druck mit dem Finger aus, so spritzt das Wasser aus allen Löchern heraus, also auch aus den nach oben gerichteten.

Ein auf eine Flüssigkeit ausgeübter Druck pflanzt sich nach allen Seiten fort.

Große Wasserbehälter müssen nicht nur einen starken Boden, sondern auch starke Wände haben. — Wenn bei dem Eintreiben des Korkes in eine gefüllte Flasche dieser die Flüssigkeit erreicht, so wird die Flasche zersprengt. Warum?

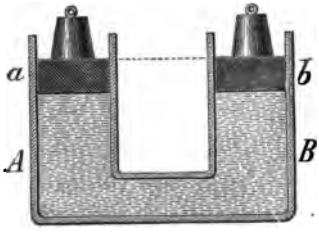


Fig. 140.

b) Das Gefäß AB ist mit Wasser gefüllt, und die beiden senkrecht stehenden Röhren sind mit einem Kolben verschlossen. Wenn der Kolben a ein Gewicht von 1 *kg* trägt und die beiden Röhren gleichen Querschnitt haben, so muß man auf den Kolben b ebenfalls 1 *kg* legen, um das Gleichgewicht herzustellen. Hat aber die Röhre B einen Querschnitt, der dreimal so groß als der der Röhre A ist, so entsteht erst Gleichgewicht, wenn der Kolben b mit 3 *kg* belastet wird.

Jede Fläche, die gleich der gedrückten ist, erleidet auch denselben Druck.

Auf diesem Gesetze beruht eine der wichtigsten Maschinen, die **hydraulische Presse.** — Eiserner, starkwandiger Preßzylinder B. Der Preßkolben D schließt wasserdicht. Druckpumpe A; Verbindungsrohr ab. Beim Pumpen tritt das Wasser in B ein und treibt den Kolben D nach oben. Zwischen die Kolbenplatte C und die im Boden verankerte Platte n legt man die zu pressenden Gegenstände.

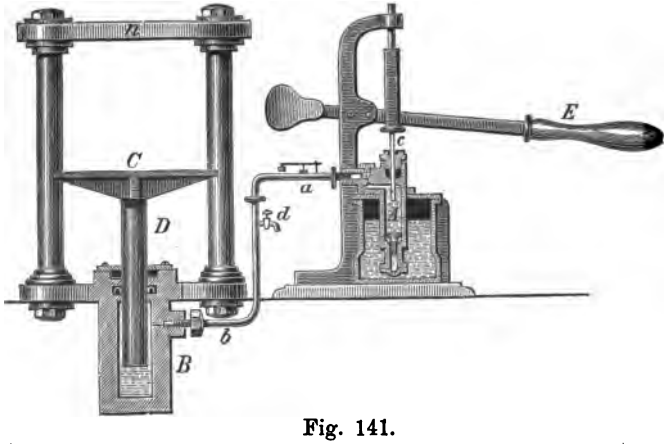


Fig. 141.

Vorteil: Hat der Druckkolben eine Grundfläche von 4 *qcm* und wird er mit einer Kraft von 50 *kg* niedergedrückt, so wird der Preßkolben, wenn derselbe eine Grundfläche von 400 *qcm* hat, mit einer Kraft von 5000 *kg* nach oben getrieben. Kleine Kraft, große Wirkung. **Nachteil:** Wird der Druckkolben 1 *m* tief hinabgedrückt, so hebt sich der Preßkolben nur um 1 *cm*. Gewinn an Kraft, Verlust an Zeit.

Die hydraulische Presse wird verwendet zum **Auspressen** saftiger Früchte und ölhaltiger Samen, weiter zum **Prüfen** von Ketten, Tauen, Drahtseilen, Wasserleitungsröhren, Dampfkesseln, zum **Biegen** von Schienen, eisernen Balken, Schiffspanzern, zum **Heben** schwerer Lasten.

c) Eine Folge des allseitigen Druckes ist das Ausfließen des Wassers aus seitlichen Öffnungen eines Behälters.

Schlägt man den Zapfen aus einem mit Wasser gefüllten Bottich, so spritzt mit großer Kraft ein starker, fast wagerechter Strahl aus der

Öffnung; je mehr das Wasser im Bottich sinkt, desto schwächer wird der Strahl, und er nähert sich immer mehr der senkrechten Richtung. — **Der Seitendruck ist um so stärker, je höher das Wasser über der Ausflußöffnung steht.**

Inwiefern wird das Gesetz vom Seitendruck durch das Gefäß in Fig. 142 bewiesen? — Warum müssen die Wände großer

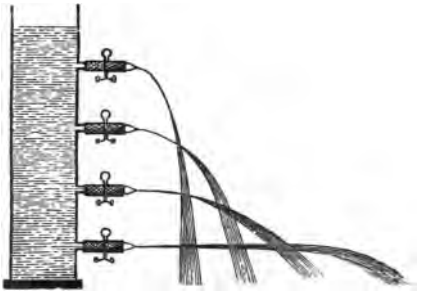


Fig. 142.

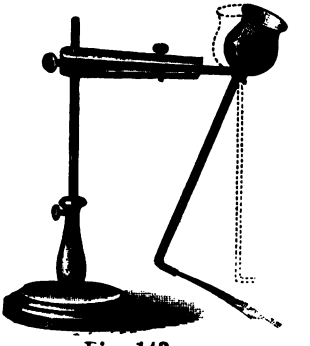


Fig. 143.

Wasserbehälter nach unten dicker werden? — Kanalschleusen müssen aus dicken Eichenbrettern oder Eisenblechen gemacht sein. — Welche Lage nimmt das Gefäß (Fig. 143) ein, wenn es frei aufgehängt wird und Wasser ausströmt? — **Segners Wasserrad** besteht aus einem mit Wasser gefüllten, um eine senkrechte Achse drehbaren Zylinder. Richtung der Mündungen der Ausflußröhren. Warum dreht sich der Apparat? In welcher Richtung dreht er sich? (Fig. 144.)

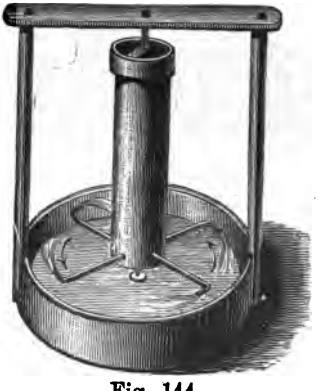


Fig. 144.

d) Der Seitendruck des Wassers wird oft zum Treiben von Maschinen verwendet. — Um den Druck des fließenden Wassers zu vermehren, staut man es durch Schleusen. Wird die Schleuse ein wenig emporgezogen, so strömt das Wasser unten mit großer Wucht aus und kann Mühlräder in Bewegung setzen.

Die Gebirgsbäche haben zwar ein starkes Gefälle, aber meistens wenig Wasser. Man leitet deshalb den unter der Schleuse hervorschießenden Strahl oben auf das Rad (**oberschlägiges Wasserrad**). Um die Kraft des Wassers noch besser auszunützen, läßt man das Wasser in Kasten fließen, welche am Umfange des Rades angebracht sind. Druck und Gewicht kommen zur Anwendung. (Fig. 145.)

In der Ebene haben die wasserreichen Flüsse ein geringes Gefälle. Da Wasser genug vorhanden ist, staut man es möglichst hoch und läßt das unter der Schleuse mit großer Gewalt hervorbrechende Wasser in eine schmale, geneigte Rinne fließen. In der Rinne hängt ein Schaufelrad so, daß das Wasser die unteren Schaufeln trifft (**unterschlägiges Wasserrad**). (Fig. 146.)

Größeren Vorteil als die Wasserräder, bei welchen ziemlich viel

Wasser ohne zu arbeiten verloren geht, bieten die **Turbinen.** Sie sind ungefähr so gebaut wie Segners Wasserrad. Da alles Wasser eines Baches in die Turbine geleitet werden kann, so wird seine Kraft auch vollständig ausgenützt. Die Achse trägt oben ein Zahnrad, durch welches die Bewegung auf andere Maschinen übertragen wird.

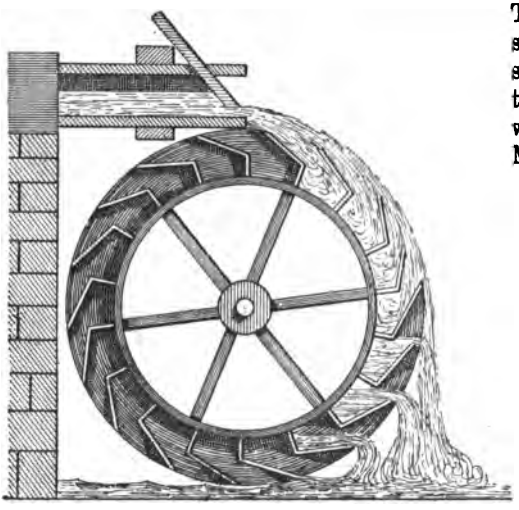


Fig. 145.

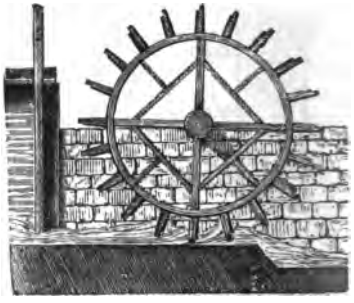


Fig. 146.

Kleine Turbinen werden oft zum Bespritzen von Rasenflächen gebraucht. — Verwendung der Wasserräder und Turbinen. — Die Öffnung des Kanales, welcher das Wasser in die Turbine leitet, muß mit einem Gitter versehen sein. Warum? — Großartige Turbinenanlagen befinden sich in Neuhausen am Rheinfall und am Niagara. Die Wasserkraft wird dort zum Treiben großer Dynamomaschinen verwendet.

§ 45. Der Auftrieb.

a) Wenn man ein Stück Holz unter Wasser taucht, so steigt es sofort wieder an die Oberfläche, sobald man es losläßt. — Beim Tauchen macht jeder Schwimmer die Erfahrung, daß ihn das Wasser wieder nach oben treibt. — Füllt man einen Eimer am Bache, so läßt er sich leicht heben, solange er in das Wasser taucht.

Das Wasser übt auf die Körper einen Druck **von unten nach oben** aus. Dieser Druck heißt **Auftrieb** und ist eine Folge des allseitigen Druckes.

Fig. 147.

Um die Größe dieses Druckes zu messen, verschließt man einen Lampenzylinder mit einer kleinen, dünnen Glasplatte und senkt ihn alsdann ins Wasser. Die Platte fällt nicht ab. Gießt man nun von oben Wasser in den Zylinder, so wird die Platte erst dann abfallen, wenn das Wasser im Zylinder ebenso hoch steht wie außerhalb desselben. Daraus folgt:

Der Auftrieb ist gleich dem Gewichte einer Flüssigkeitssäule, welche die gedrückte Fläche zur Grundfläche hat; ihre Höhe ist der Abstand der gedrückten Fläche vom Flüssigkeitsspiegel.

b) Da der Auftrieb ein Druck von unten nach oben ist, so müssen die Körper, die in das Wasser tauchen, leichter erscheinen als in der Luft. Zum Beweise braucht man nur einen Stein, der mit einem Faden an einer Wageschale hängt, zuerst in der Luft zu wiegen und dann in das Wasser zu tauchen. Die andere Wageschale sinkt sofort. (Fig. 148.)

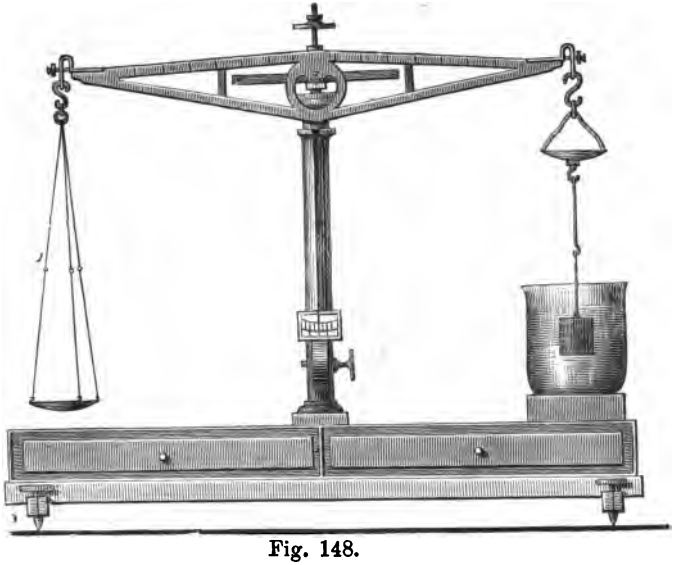


Fig. 148.

Zur Ermittelung der Größe dieses Gewichtsverlustes führt folgende Erwägung: Taucht man 1 Kubikdezimeter (der Stoff ist ohne Bedeutung) 2 Dezimeter tief in Wasser ein, so übt das Wasser auf den Würfel von oben nach unten einen Druck von 2 *kg* aus. Warum? Der Auftrieb ist aber gleich dem Drucke einer Wassersäule von 3 *kg*, weil die gedrückte Fläche (Grundfläche des Würfels) 3 Dezimeter unter dem Wasserspiegel liegt. Der Auftrieb überwiegt also den Druck nach unten um 1 *kg*. Das Kubikdezimeter verliert folglich im Wasser 1 *kg* an seinem Gewicht, nämlich ebensoviel als die Wassermenge wiegt, welche es verdrängt.

Wenn derselbe Würfel 3 oder mehr Dezimeter tief eingetaucht wird, so kommt man auf dasselbe Ergebnis, ebenso mit einem größeren oder kleineren Würfel. Es ergibt sich:

Ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper verliert so viel an Gewicht, als die von ihm verdrängte Flüssigkeit wiegt. (Gesetz des Archimedes.)

Zur Prüfung der Wahrheit dieses Gesetzes verwendet man eine Wage, deren eine Schale kürzer ist als die andere. (Fig. 149.) An dieser kürzeren Schale hängen ein hohler und ein massiver Messingzylinder, welche genau ineinander passen. Feststellung des Gewichtes in der Luft. Eintauchen des massiven Zylinders in Wasser. Störung des Gleichgewichts. Wiederherstellung des Gleichgewichts durch Füllen des hohlen Zylinders mit Wasser.

Folgender einfache Versuch führt ebenfalls zum Archimedischen Gesetz:

In ein hohes Trinkglas legt man einen an einem feinen Faden befestigten Stein und füllt darauf das Glas ganz mit Wasser. Jetzt nimmt

man den Stein behutsam heraus, so daß kein Wasser über den Rand fließt, stellt das Glas auf die Wageschale, hängt den Stein unter die Schale und stellt das Gleichgewicht her. Der leere Raum im Glase hat denselben Inhalt wie der Stein.

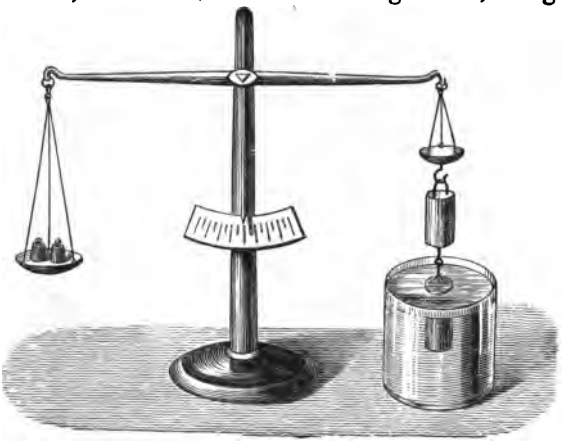


Fig. 149.

Läßt man nun den Stein in Wasser tauchen, so steigt die Schale, an der er befestigt ist. Um das Gleichgewicht wieder herzustellen, braucht man nur das Glas wieder bis zum Rande zu füllen. Der Gewichtsverlust des eingetauchten Körpers ist also gleich dem Gewicht des zugegossenen, d. h. des von ihm verdrängten Wassers.

c) Das Gesetz des Archimedes gestattet, auf eine einfache Weise das spezifische Gewicht der Körper zu finden.

Nach § 3 *c* könnte man nur dann dieses spezifische Gewicht bestimmen, wenn man genau 1 Kubikzentimeter oder 1 Kubikdezimeter des betreffenden Körpers besitzt. Das spezifische Gewicht des Eisens ist 7,5, d. h., 1 *ccm* Eisen wiegt 7,5 *g*; dann wiegen 2 *ccm* Eisen 15 *g*, während 2 *ccm* Wasser 2 *g* wiegen. 7 *ccm* Eisen haben ein Gewicht von 52,5 *g*, während 7 *ccm* Wasser 7 *g* wiegen. Es ergibt sich: ein Stück Eisen wiegt immer 7,5mal soviel als eine gleich große Wassermenge.

Bestimmung des spezifischen Gewichts (Fig. 148): Man wiegt zuerst den Körper in der Luft, alsdann im Wasser und bestimmt durch Subtraktion den Gewichtsverlust. Dieser gibt nach dem Gesetze des Archimedes das Gewicht einer gleich großen Wassermenge an. Um nun festzustellen, wievielmal der Körper so schwer ist als diese gleich große Wassermenge, dividiert man das erste Gewicht (absolutes Gewicht) durch den Gewichtsverlust. Das Ergebnis der Division ist das spezifische Gewicht des Körpers.

Prüfe auf diese Weise die Angaben in § 3 *c*!

d) **Geschichtliches. Archimedes**, einer der berühmtesten Naturforscher des Altertums, starb in Syrakus 212 v. Chr. Zu seinen wichtigsten Entdeckungen gehört das Gesetz vom Gewichtsverlust. Veranlassung dazu war eine Aufgabe, die ihm der König Hiero gestellt hatte. Dieser hatte einem Goldschmied 20 Pfund Gold gegeben mit der Weisung, ihm eine Krone daraus herzustellen. Die fertige Krone wog gerade 20 Pfund; aber Hiero hegte den Argwohn, daß der Goldschmied das Gold mit Silber vermischt hatte, und er beauftragte Archimedes, den Betrug nachzuweisen. Nach langem vergeblichem Sinnen fand er plötzlich während des Badens das nach ihm benannte Gesetz. Voller Freude über diese Entdeckung sprang er aus dem Bade, und mit dem Ausrufe „Heureka!“ (ich habe es gefunden) eilte er auf sein Arbeitszimmer, um durch Versuche die Wahrheit dieses Gesetzes nachzuweisen. Er stellte zunächst das spezifische Gewicht des Goldes fest (siehe *c*), dann

dasjenige der Krone, und da dieses nicht mit jenem übereinstimmte, war der Betrug nachgewiesen. — Das Gesetz vom allseitigen Druck wurde erst im 17. Jahrhundert von Pascal, einem französischen Gelehrten, gefunden und bewiesen.

§ 46. Schwimmen, Schweben, Sinken.

a) Ein Stück Blei sinkt rasch im Wasser unter, ein Kreidestück sinkt weniger rasch; ein Holzstück sinkt nicht unter, es schwimmt.

Angenommen, das Bleistück wiege 330 *g*; im Wasser wiegt es dann nur noch 300 *g*. Der Gewichtsverlust beträgt also 30 *g*. So viel wiegt auch die verdrängte Wassermenge. Das Bleistück hat das Bestreben, mit einer Kraft von 330 *g* zu sinken; der Auftrieb hebt es mit einer Kraft von 30 *g*; es **sinkt** also infolge eines Übergewichtes von 300 *g*.

Bei dem Holzstück führt der ähnliche Versuch zu dem Ergebnis, daß das Gewicht der verdrängten Wassermenge das Gewicht des Körpers übertrifft. Es **schwimmt** also, d. h., ein Teil des Körpers ragt aus dem Wasser heraus.

Ein Ei sinkt im Wasser, es schwimmt im Salzwasser. In einer Mischung beider Flüssigkeiten scheint das Ei mitten im salzigen Wasser zu hängen, es **schwebt**.

Ein Körper schwimmt, wenn er leichter ist als die verdrängte Flüssigkeit; ist er gerade so schwer wie diese, so schwebt er; ist er schwerer als diese, so sinkt er.

Liegen auf dem Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes Kupfervitriolstücke, so färbt sich der untere Teil des Wassers blau. Fülle ein kleines Leinenbeutelchen mit Kupfervitriolstücken und hänge es so auf, daß es nur wenig eintaucht. Beobachtung! — Gießt man behutsam gefärbten Spiritus auf Wasser, so schwimmt er auf demselben. — Ein Öltropfen schwebt in einer Mischung von Wasser und Spiritus. — Gieße in eine Flasche Quecksilber, Wasser und Öl und schüttle die Mischung! Was geschieht, wenn die Flasche ruhig stehen bleibt? — Ein Tropfen unverfälschter Milch sinkt im Wasser unter. — Unverfälschter gemahlener Kaffee, auf Wasser gestreut, soll nur allmählich untersinken; sinkt er rasch und färbt er dabei das Wasser braun, so ist er mit geröstetem Stärkemehl vermischt. — Der Körper des Menschen ist nur ein wenig schwerer als ein gleich großer Raumteil Wasser (Verhältnis 1,06 : 1,00); der Mensch kann sich also nur durch künstliches Schwimmen an der Oberfläche des Wassers halten. Durch Verschlucken von Wasser und Emporheben der Arme sinkt der Körper noch mehr ein. Lerne also schwimmen! — Warum können vierfüßige Tiere leicht schwimmen? — Eiserne Schiffe können schwimmen. Warum? — Welche Beobachtung macht man an einem Schiffe, wenn es aus dem Süßwasser in das Meerwasser kommt?

b) Ein schwimmender Körper ragt nur zum Teil aus dem Wasser hervor, der andere Teil ist untergetaucht. Wie tief sinkt nun ein schwimmender Körper ein? Ein mit einigen Schrotkörnern beschwertes Probierröhrchen wird gewogen. Ein Glasgefäß mit seitlicher Ausflußröhre hat man bis zum Auslaufen mit Wasser gefüllt. Setzt man nun das Röhrchen in das Gefäß, so schwimmt es, und ein Teil des Wassers (das verdrängte Wasser) fließt in ein unter der Öffnung des Ausflußrohres stehendes Glas. Mit der Wage

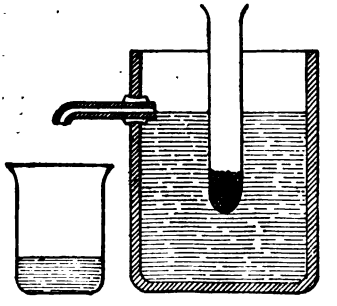


Fig. 150.

findet man, daß das Gewicht des ausgeflossenen Wassers gleich ist demjenigen des schwimmenden Körpers. **Ein schwimmender Körper sinkt folglich so tief ein, bis das Gewicht des verdrängten Wassers gleich seinem eigenen Gewichte ist.**

Als weiterer Beweis dient folgender Versuch: Ein mit etwas Quecksilber oder Schrot beschwertes Probierröhrchen wird zunächst gewogen und dann in ein zum Teil mit Wasser gefülltes Gefäß gesetzt, das in Kubikzentimeter eingeteilt ist. Der Wasserspiegel steigt, und an der Wand des Gefäßes kann man ablesen, wieviel Kubikzentimeter Wasser verdrängt worden sind. Es wird sich zeigen, daß das Gewicht des Probierröhrchens gleich dem des verdrängten Wassers ist. (Fig. 151.)

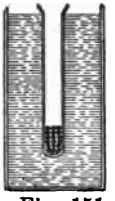


Fig. 151.

Warum mußte das Röhrchen unten beschwert sein? — Senke das Röhrchen in Spiritus und in Salzwasser!

c) Alle geistigen Getränke (Wein) sind im wesentlichen eine Mischung von Wasser und Alkohol. Da der Alkoholgehalt häufig den Preis bedingt, so ist es wichtig, diesen Gehalt leicht bestimmen zu können. Von großer Bedeutung ist die Untersuchung der Milch, welche uns darüber Gewißheit verschaffen soll, ob wir es mit Vollmilch, Magermilch oder mit Milch, durch Wasserzusatz verfälscht, zu tun haben. — Man verwendet zu diesen Untersuchungen die **Senkwage** oder das **Aräometer.** (Fig. 152.)

Fig. 152.

Es ist ein Instrument, das einem Thermometer ähnlich sieht. Warum ist es unten erweitert und mit Quecksilber beschwert? — Zur Graduierung senkt man die Alkoholwage zuerst in reines Wasser und bezeichnet den Punkt, bis zu welchem sie einsinkt, mit 0, alsdann in reinen Alkohol. Der so gefundene Punkt erhält die Zahl 100. Einteilung des Abstandes in 100 gleiche Teile. Sinkt nun die Wage bis zum Punkt 30 ein, so enthält die zu untersuchende Flüssigkeit 30% Alkohol.

Der Rahm besteht aus Fett. Abgerahmte Milch muß also ein größeres spez. Gewicht als Vollmilch haben. Mit Wasser verdünnte Milch hat ein geringeres spez. Gewicht als unverfälschte Milch (reine Milch sinkt im Wasser unter). Zur Untersuchung gebraucht man die Milchwage (Laktometer).

Gute Milch zeigt an der Milchwage 30°—40°. Brennspiritus hat 80—85%, Trinkbranntwein 30—40%, gute Weine 7—10% reinen Alkohol.

§ 47. Verbundene Gefäße und Kapillarität.

a) Bei allen Wasserleitungsanlagen macht man die Erfahrung, daß das Wasser in die höchsten Stockwerke der Häuser steigt, ohne daß eine hebende Kraft vorhanden zu sein scheint.

Zur näheren Untersuchung gießt man Wasser in ein zweischenkeliges Glasgefäß. (Fig. 153.) Da das Wasser ungehindert aus dem einen Rohr in das andere fließen kann, nennt man solche Gefäße **verbundene Gefäße** (kommunizierende Röhren). — Man mag nun den Apparat senkrecht stehen lassen oder nach einer Seite neigen, immer zeigt sich die Bestätigung des Gesetzes: **In verbundenen Gefäßen liegen die Flüssigkeitsspiegel in einer horizontalen Ebene.**

Der Grund zu dieser Erscheinung liegt darin, daß die Oberfläche jeder Flüssigkeit im Zustande der Ruhe eine horizontale Ebene bildet. Denkt man sich die dunkel gezeichneten Teile der Flüssigkeit (Fig. 154) plötzlich in den Zustand der Erstarrung übergehen, so wird das Gleichgewicht in keiner Weise gestört. Das Ganze stellt aber jetzt verbundene Gefäße dar.

Ist die eine Röhre kürzer als die andere und steigt der Flüssigkeitsspiegel in der längeren Röhre über die Mündung der kürzeren, so muß hier das Wasser auslaufen.

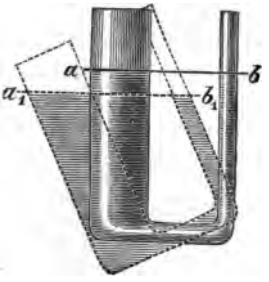


Fig. 153.

Ist die eine Röhre bedeutend länger als die andere und hat die kürzere eine kleine Öffnung, so spritzt

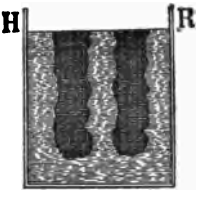


Fig. 154.

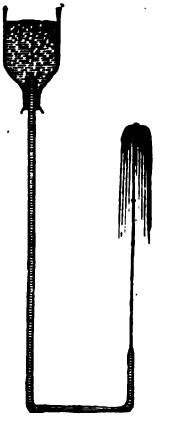


Fig. 155.

das Wasser in kräftigem Strahle empor (**Springbrunnen**). (Fig. 155.)

Soll ein in der Ebene liegender Ort eine Wasserleitung erhalten, so muß zuerst ein Wasserturm gebaut werden. Wie hoch muß derselbe mindestens sein? Oben im Turme befindet sich der große Wasserbehälter. Vermittelst Pumpen wird das Wasser in diesen Behälter gebracht. Warum müssen die Leitungsröhren starkwandig sein? Was geschieht, wenn die Dichtung zwischen zwei Rohrstücken nicht mehr gut schließt? — Anlage eines Springbrunnens im Gebirge, im flachen Lande. — Gefäße mit einem Ausflußrohr: Tee-, Kaffee-, Gießkannen sind verbundene Gefäße. Länge des Rohres? — Zur Bestimmung der wagerechten Richtung werden oft verbundene Gefäße (Kanalwage) gebraucht. (Fig. 156.) — Bei Hochwasser dringt in Feldern und Wiesen, welche in der Nähe des Flusses liegen, Wasser aus dem Boden. Weise in diesem Falle die verbundenen Gefäße nach!

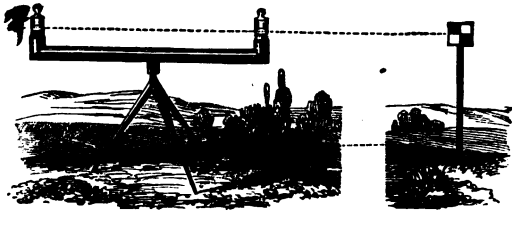


Fig. 156.

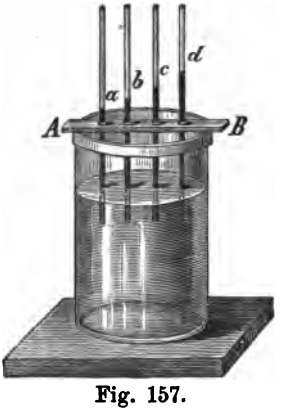


Fig. 157.

b) Taucht man einen trockenen Schwamm nur mit dem einen Ende in Wasser, so saugt er sich dennoch ganz voll. — In einem Streifen Löschpapier steigt das Wasser aufwärts. Dieselbe Beobachtung macht man, wenn man sehr enge Glasröhren in Wasser taucht. (Fig. 157.)

Die Poren im Schwamm, im Löschblatt sind so aneinander gereiht, daß sie auch feine Röhrchen bilden; in diesen Röhrchen (**Haarröhrchen** oder **Kapillarröhrchen**) steigt das Wasser in die Höhe.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Damit aber diese Erscheinung eintritt, muß die Flüssigkeit die Wände der Gefäße **benetzen**. — Gießt man Wasser in eine Glasschale, so wird der Rand des Wassers **ein wenig** emporgezogen. (Fig. 158.) Ersetzt man das Wasser durch Quecksilber, welches das Glas nicht benetzt, so erscheint der Rand hinuntergedrückt, die Oberfläche nach oben gewölbt. (Fig. 159.)

Fig. 158.

Fig. 159.

Gewisse Körper, wie Fett, Stearin, Wachs, Ruß, werden vom Wasser nicht benetzt; es besteht zwischen diesen Körpern und dem Wasser keine **Anhangskraft** oder **Adhäsion.**

Vermöge dieser Kraft haftet der Staub an den Kleidern, die Farbe an der Wand, der Gips an der Decke, die Kreide an der Tafel. — Über geöltes Papier rollt das Wasser in Tropfen, ohne es zu benetzen; Kerzen werden nicht naß, wenn man sie ins Wasser taucht. — Untergetauchte Blätter der Erdbeere, Himbeere, des Kohls, der Kapuzinerkresse zeigen einen prächtigen Silberglanz und werden nicht naß. Zwischen den Haaren an der Unterseite ist Luft enthalten, die kahlen Blätter sind mit einer dünnen Wachsschicht überzogen. Denselben Schutz haben die Früchte unserer Obstbäume.

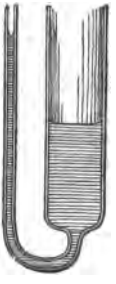


Fig. 160.

Fig. 161.

Wenn bei verbundenen Gefäßen das eine Rohr ein Kapillarrohr ist, so bewirkt die Adhäsion eine Ausnahme vom Gesetze der verbundenen Gefäße. Was bemerkt man, wenn das Gefäß zuerst mit Wasser und dann mit Quecksilber gefüllt wird? Die Adhäsion in Kapillarröhrchen nennt man **Kapillarität.**

Steigen des Öles im Lampendocht; Aufsaugen der Tinte durch das Löschblatt; Größerwerden der Fettflecken auf Tuch oder Papier. — Aufquellen der Türen und Fenster, der undichten Holzgefäße, der Samen. Steigen des Grundwassers in Grundmauern. Warum werden die Grundmauern mit Asphalt bestrichen oder mit Asphaltplatten belegt? — Nasse Stricke verkürzen sich. — Wie muß man es anfangen, um Wasser aus einem weiten Gefäße in ein enges zu gießen, ohne etwas zu verschütten?

C. Mechanik der Gase.

§ 48. Der Druck der Luft.

a) Die Luft ist ein Körper (§ 1 *c*); folglich steht sie wie alle Körper unter dem Einfluß der Schwerkraft. Die Luft muß also ein **Gewicht** haben, einen **Druck** auf ihre Unterlage ausüben.

Um das Gewicht der Luft zu bestimmen, wird eine luftleere Glaskugel, welche mit einem Hahn verschlossen ist, gewogen. Öffnet man nun den Hahn, so strömt die Luft ein, und die Wagschale sinkt. Stellt man das Gleichgewicht wieder her, so ergibt sich das Gewicht der in der Kugel enthaltenen Luftmenge. (Fig. 162.) — **Ein Liter Luft wiegt ungefähr 1 Gramm** (genau 1,3 *g*).

Taucht man eine Glocke so tief in das Wasser, bis sie gefüllt ist, so läßt sie sich in die Höhe heben, ohne daß Wasser herausläuft, wenn sie gut verkorkt ist

und der Rand noch unter dem Wasserspiegel bleibt. — Verschließt man sie unten mit einem Papierblatt oder einem dünnen Zeugstück, so läuft ebenfalls kein Wasser heraus. — Zieht man den Kolben einer Spritze in die Höhe, so steigt das Wasser nach. (Fig. 165.) — Saugt man an dem oberen Ende einer Röhre, welche mit ihrem andern Ende in das Wasser taucht, so steigt das Wasser in der Röhre. Verschließt man die obere Öffnung des mit Wasser gefüllten Rohres mit dem Finger, so kann man die Röhre emporheben, ohne daß Wasser ausläuft (**Stechheber**). — Ein flaches Lineal wird so auf einen Tisch gelegt, daß fast die

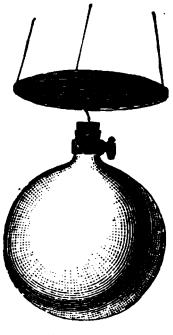


Fig. 162.

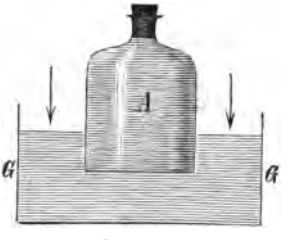


Fig. 163.

Fig. 164.

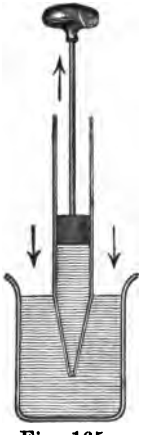


Fig. 165.

Hälfte desselben über die Tischkante hinausragt. Breitet man ein großes Zeitungsblatt über die andere Hälfte aus und schlägt man kurz und kräftig auf den herausragenden Teil des Lineals, so vermag man nicht das Blatt zu heben. — Erwärme die Luft unter einem umgekehrt gehaltenen Trinkglase und tauche es dann rasch mit dem Rande in das Wasser! — Ein hohler Schlüssel, ein Fingerhut bleiben an den Lippen haften, wenn man die Luft aussaugt. — Wird der Spund an einem vollen, angezapften Fasse nicht gelockert, so fließt der Wein nicht aus.

***b*) Um die Luft aus Gefäßen zu entfernen, gebraucht man die Luftpumpe.**

Pumpenrohr S aus Glas oder Messing mit durchbohrtem Kolben. Die Durchbohrung bei v ist durch ein Ventil verschlossen, welches sich nach oben öffnet. Der Teller D steht durch ein Rohr C mit dem Pumpenrohr in Verbindung. Luftdicht aufsitzende Glocke R (Rezipient). Kegelventil v_1 verschließt das Verbindungsrohr. Die Ventilstange 1 geht luftdicht durch den Kolben.

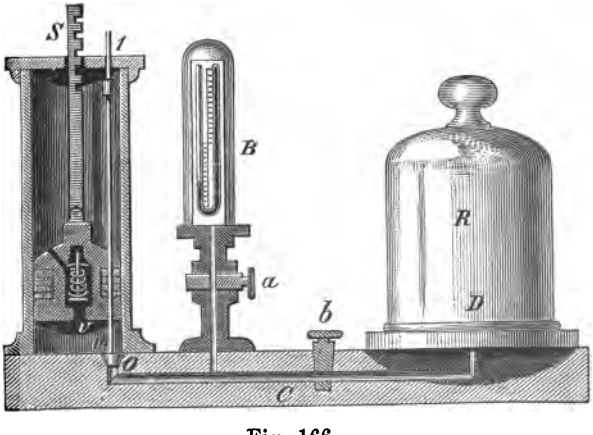


Fig. 166.

Vorgang beim Pumpen. Geht der Kolben aufwärts, so wird die Luft in der Glocke verdünnt, da sie auch das Pumpenrohr unter dem Kolben erfüllt (Spannkraft!). Das Ventil v_1 ist ein wenig in die Höhe gegangen, da die Stange mit dem Kolben gestiegen ist und der Verdickungsring gleich oben anstößt. Drückt man den Kolben hinab, so ver-

schließt Ventil v_1 das Verbindungsrohr, Ventil v wird durch die zusammengepreßte Luft in die Höhe gedrückt, und diese strömt aus. Durch fortgesetztes Pumpen kann man die Luft im Rezipienten immer mehr verdünnen. Warum kann man mit der Luftpumpe einen absolut luftleeren Raum nicht herstellen?

Versuche mit der Luftpumpe. — Die ausgepumpte Glocke kann von dem Teller nicht abgehoben werden. — Die flache Hand haftet fest an der Öffnung der Verbindungsröhre. — Der Springbrunnen im leeren Raum. — Die Magdeburger Halbkugeln. — Die Luft steigt in Blasen aus einem mit der Mündung in Wasser stehenden Probierröhrchen.

Ergebnis: **Die Luft übt einen allseitigen Druck aus.**

§ 49. Die Messung des Luftdruckes.

a) Um den Druck, den die Luft auf ihre Unterlage ausübt, messen zu können, wendet man folgenden Apparat an. Eine ungefähr 80 *cm* lange, an einem Ende verschlossene Glasröhre wird durch einen Gummischlauch und eine kurze, beiderseits offene Glasröhre verlängert. Das Ganze wird so weit mit Quecksilber gefüllt, daß der Spiegel des Quecksilbers im kurzen Rohre gut sichtbar ist. Richtet man nun beide Glasröhren zu gleicher Zeit senkrecht aufwärts (Fig. 167), so fließt das Quecksilber (wie es nach dem Gesetze der verbundenen Gefäße zu erwarten wäre) nicht aus. Es sinkt im langen Schenkel und steigt im kurzen.

Erklärung: Der untere Teil des Apparates von *b* bis *c* stellt eine empfindliche Wage dar. Die eine Wageschale ist der Quecksilberspiegel *b* im kurzen Schenkel; die andere liegt in wagerechter Richtung gegenüber, also in *c*. Auf dieser ruht eine Quecksilbersäule *a c* von bestimmter Höhe (am Meeresspiegel 760 *mm*). Weil nun die Wage im Gleichgewicht ist, muß auf der andern Wageschale ein unsichtbarer Körper ruhen, der ebensoviel wiegt wie die Quecksilbersäule. Dieser Körper ist eine Luftsäule von demselben Querschnitt wie die Quecksilbersäule, welche bis an die Grenze der Lufthülle der Erde reicht. — Der Raum über dem Quecksilber in der geschlossenen Röhre ist luftleer.

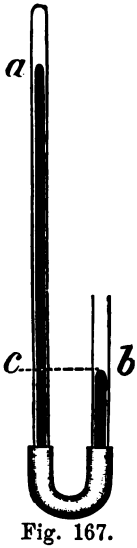


Fig. 167.

Der Luftdruck ist gleich dem Gewichte einer Quecksilbersäule von 760 *mm* Höhe (am Meeresspiegel).

Fig. 168.

Was würde geschehen, wenn das verschlossene Ende der Röhre geöffnet würde? — Wie lang wird eine Wassersäule sein, die dem Luftdruck das Gleich-

gewicht hält? — Die beiden Quecksilberspiegel verändern ihre Lage, wenn der Luftdruck zu- oder abnimmt.

b) **Geschichtliches.** Man ahnte früher nicht, daß die Luft ein Gewicht besitze, also einen Druck ausüben müsse. Alle Erscheinungen, die heutzutage als Beweise für den Luftdruck gelten, wurden auf eine sonderbare Weise erklärt. Man nahm mit Aristoteles an, die Natur habe einen Abscheu vor dem leeren Raume und treibe leicht bewegliche Körper wie Wasser mit unwiderstehlicher Kraft in die leeren Räume. Erst im 17. Jahrhundert wurde der Luftdruck nachgewiesen. Florentiner Pumpenmacher hatten gefunden, daß in einer Pumpe mit langem Saugrohr das Wasser in diesem Rohr nur ungefähr 10 *m* hoch stieg. Als sie sich zur Erklärung an den berühmten Naturforscher Galilei wandten, konnte dieser ihnen keine andere Antwort als diese geben, die Natur habe bloß bis zu einer Höhe von 10 *m* einen Abscheu vor dem leeren Raum. Sein scharfer Verstand sträubte sich aber gegen eine solche nichtssagende Erklärung, und nach langem Nachdenken fand er, daß nur der Luftdruck die Ursache dieser sonderbaren Erscheinung sein könne. Er starb, bevor ihm der Beweis für seine Behauptung gelang. Sein Schüler Torricelli fand das Gesetz über den Luftdruck. Die Fig. 168 zeigt den berühmten Torricellischen Versuch. Er ist ähnlich dem unter *a*) mitgeteilten. Zieht man den Daumen, mit dem man die Mündung der Röhre verschlossen hatte, unter dem Quecksilber in der Schale weg, so könnte dreierlei eintreten: 1. die Röhre bleibt ganz gefüllt, 2. sie entleert sich ganz, 3. ein Teil des Quecksilbers fließt aus. Welcher von diesen drei möglichen Fällen tritt ein? Gib den Grund für diese Erscheinung an! — Die Torricellische Lehre vom Luftdruck wurde durch den berühmten französischen Gelehrten Pascal zur absoluten Wahrheit erhoben, als man auf seine Veranlassung den Torricellischen Versuch zuerst am Fuße eines hohen Berges und dann auf dessen Gipfel ausführte. Die Quecksilbersäule war hier oben nicht so hoch als unten am Fuße des Berges. Warum? — Die Luftpumpe wurde von Otto v. Guericke, Bürgermeister in Magdeburg, erfunden. Auf dem Reichstag zu Regensburg 1654 zeigte er durch einen glänzenden Versuch die Größe des Luftdruckes. Zwei Magdeburger Halbkugeln von $^1/_2$ *m* Durchmesser konnten nach dem Auspumpen der Luft durch mehrere Pferde, die man an die beiden Halbkugeln spannte, nicht voneinander getrennt werden.

§ 50. Das Barometer.

a) Um den Luftdruck genau messen zu können, bedient man sich des Barometers.

Eine 80 *cm* lange, oben zugeschmolzene, unten umgebogene Glasröhre. Sie endigt in einem offenen Gefäße. Am Tragbrett ist der Maßstab befestigt. Er ist in Millimeter eingeteilt und nur am oberen Teile der Röhre ausgeführt. Warum? — Der Nullpunkt des Maßstabes liegt an dem Quecksilberspiegel *b* im Gefäße. Die Quecksilbersäule *a c* zeigt die Größe des Luftdruckes an.

Beobachtet man täglich das Barometer, so sieht man, daß das Quecksilber in der Röhre bald steigt, bald fällt. Eine Veränderung des Luftdruckes ist die Ursache dieses Wechsels. **Nimmt** der Luftdruck **zu**, so **steigt** das Quecksilber, **nimmt** er **ab**, so **sinkt** es in der Röhre.

Fig. 169.

Das Barometer ist ein sehr empfindliches Instrument, welches imstande ist, die kleinsten Veränderungen des Luftdruckes anzuzeigen.

Je mehr Wasserdampf der Luft beigemengt ist, desto geringer ist der Luftdruck. Kühlt sich dieser Wasserdampf ab, so entsteht Regen.

Das Barometer kann also kommendes Regenwetter anzeigen (**Wetterglas**); deswegen wird es vielfach angeschafft und in den Zimmern zur bequemen Beobachtung aufgehängt.

Beim Kaufe ist folgendes zu beachten: 1. Die Röhre soll im Innern nicht zu eng sein ($^1/_2$ *cm*). 2. Das Gefäß muß möglichst weit sein. Warum? 3. Der Raum über dem Quecksilber darf keine Luft enthalten. Prüfe durch Neigen der Röhre! Das Quecksilber muß wie ein festes Metall an das Glas schlagen. 4. Die Quecksilbersäule soll ununterbrochen sein, d. h. keine Luftbläschen enthalten, und überall gleiche Breite haben.

b) Je höher man steigt, desto dünner ist die Luft. In Fig. 170 zeigen die Querschnitte Luftschichten von gleichem Gewichte an. Steigt man mit einem Barometer auf einen Turm oder einen Berg, so muß das Quecksilber allmählich fallen. Es ist nun genau berechnet worden, um wieviel man in die Höhe steigen muß, damit das Quecksilber um 1 *mm* falle. Auch die Höhen der folgenden Schichten sind berechnet worden; folglich kann man aus dem Barometerstand auf die Höhe des Beobachtungsortes über dem Meeresspiegel schließen. Die Höhenangaben der Gebirge im Geographiebuch sind durch Barometermessungen gefunden worden. Das Barometer dient also als **Höhenmesser.**

Fig. 171.

Wie kann der Luftschiffer wissen, daß sein Ballon 2000 *m* über der Erde schwebt? — Ist man um 10 *m* in die Höhe gestiegen, so fällt das Quecksilber um 1 *mm*; von da an steigt man so hoch, bis das Quecksilber wieder um 1 *mm* sinkt. Ist diese zweite Strecke auch 10 *m* hoch? — Wenn die zweite Steigung wieder 10 *m* beträgt, sinkt dann das Quecksilber auch wieder um 1 *mm*?

c) Bei dem gewöhnlichen **Gefäßbarometer** (Fig. 169) liegt, wie schon angegeben, der Nullpunkt des festen Maßstabes am Quecksilberspiegel *b*. Sinkt nun das Quecksilber in der Röhre, so muß der Spiegel im Gefäß steigen, und die Messung der Höhe der Quecksilbersäule ist ungenau. Für gewöhnliche Zwecke kann man diesen kleinen Fehler vernachlässigen, besonders wenn das Gefäß sehr weit ist und somit der Spiegel im Gefäß nur um ein geringes steigt. Hat z. B. die Röhre einen Durchmesser von 1 *cm* und das Gefäß einen solchen von 10 *cm*, so wird das Quecksilber im Gefäß nur um $^1/_{100}$ *cm* steigen, wenn es in der Röhre um 1 *cm* fällt. — Für wissenschaftliche Zwecke muß die Messung ganz genau sein. Man verwendet dazu das **Heberbarometer.** (Fig. 171.) Es besteht aus einem überall gleich weiten U-Rohr, dessen kürzerer Schenkel offen ist und das Gefäß vertritt. Der Maßstab ist auch bei diesem Instrument fest; aber die Röhre kann durch eine Schraube auf- und abbewegt werden, so daß der Quecksilberspiegel im kürzeren Schenkel vor jeder Messung genau auf den Nullpunkt eingestellt werden kann. — Bei Reisen wird das Instrument langsam in wagerechte Lage gebracht, so daß die lange Röhre ganz mit Quecksilber gefüllt ist. In den kurzen Schenkel schiebt man einen dichtschließenden Kolben, der das Ausfließen des Quecksilbers verhindert. Das Instrument wird dann in

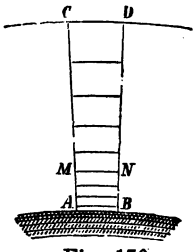


Fig. 170.

einem Kasten untergebracht; es muß aber trotzdem soviel als möglich vor starken Erschütterungen geschützt werden.

d) Ein Barometer ist schwer zu versenden, und es verlangt eine behutsame Behandlung; denn die Röhre ist zerbrechlich, das Quecksilber ist giftig und kann leicht ausfließen. Man hat deshalb in der Wohnung ein Barometer, welches **keine Flüssigkeit** enthält und darum von seinem **Erfinder, Bourdon, den Namen Aneroid** erhalten hat.

Es besteht im wesentlichen aus einer flachen, kreisförmig gebogenen, luftleeren Messingröhre *a b c*. (Fig. 172.) In *b* ist sie auf dem Boden einer Kapsel befestigt. Bei zunehmendem Luftdruck nähern sich die beiden Enden der Röhre; bei abnehmendem Luftdruck entfernen sie sich voneinander infolge der Elastizität der Röhre. Diese Bewegungen werden auf einen Zeiger übertragen, der an einem Maßstab die Größe des Luftdruckes anzeigt.

Fig. 172.

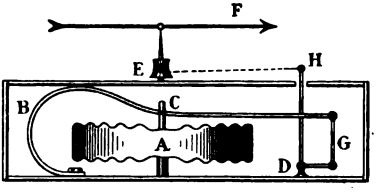


Fig. 173.

Die Angaben des Aneroids sind nicht so genau wie die des Quecksilberbarometers, da die Elastizität der Röhre sich verändert; sie genügen aber für die Beobachtungen im bürgerlichen Leben.

In neuerer Zeit wird häufiger das **Dosenbarometer** gebraucht. An Stelle der Bourdonschen Röhre befindet sich eine luftleere Metalldose *A* mit einem Deckel aus feinstem, gewelltem, also sehr elastischen Metallblech. Bei zunehmendem Luftdruck wird der Deckel mehr und mehr eingedrückt; bei Abnahme des Druckes kehrt er wieder in seine vorige Lage zurück. Diese Bewegungen werden durch eine auf dem Deckel befestigte, kleine Stange *C* auf die Feder *B* übertragen, die ihrerseits auf den Winkelhebel *G D H* wirkt; Drehpunkt in *D*. Das eine Ende einer feinen Kette, die auf der leicht beweglichen Rolle *E* aufgewickelt ist, ist mit *H* verbunden. Die Rolle trägt den Zeiger *F*, der auf einem Zifferblatt die Größe des Luftdruckes angibt.

§ 51. Der Heber.

Vom **Stechheber** (Fig. 174) war schon die Rede (§ 48 *a*). — Gib den Vorgang und die Verwendung an!

Läßt man eine trübe Flüssigkeit einige Zeit ruhig stehen, so klärt sie sich allmählich; auf dem Boden des Gefäßes hat sich ein Niederschlag

abgesetzt. Um die klare Flüssigkeit von dem Niederschlag (Bodensatz) zu trennen, gebraucht man den **Saugheber.** (Fig. 175.)

Röhre mit zwei nicht gleich langen Schenkeln. Welcher Schenkel wird in die Flüssigkeit getaucht? Wie tief? Wie hoch steigt die Flüssigkeit? Saugen am längeren Schenkel. Warum steigt sie in die Höhe? Warum fließt sie durch den längeren Schenkel aus? Zur **Erklärung** denkt man sich die Öffnungen *A* und *C* durch eine ganz dünne Platte verschlossen. (Fig. 176.) Von unten drückt gegen beide Platten die Luft;

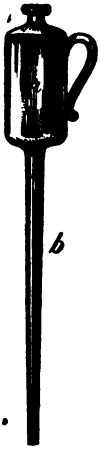


Fig. 174.

Fig. 175.

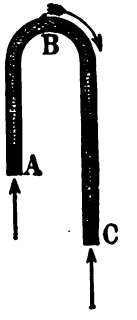


Fig. 176.

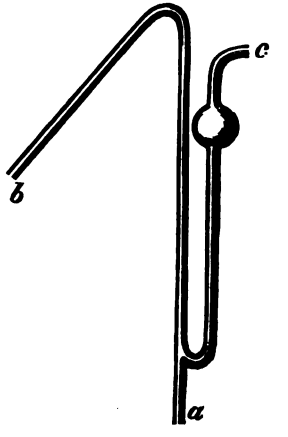


Fig. 177.

diese beiden Druckkräfte heben sich gegenseitig auf, da sie gleich und entgegengesetzt sind. Von oben drücken die beiden Wassersäulen *A B* und *C B*, und da *C B* schwerer ist als *A B*, sinkt die Platte *C*, d. h. das Wasser fließt bei *C* aus. Der Saugheber läßt sich also, wie das Barometer, mit einer Wage vergleichen.

Stelle den längeren Schenkel in das Wasser und sauge am kürzeren. Warum fließt das Wasser nicht aus, sondern zurück? Was würde geschehen, wenn beide Schenkel gleich lang wären?

Die Küfer gebrauchen oft den Heber, um den Wein aus dem Fasse in Flaschen zu füllen. — Zum Umfüllen giftiger Flüssigkeiten muß der Heber noch mit einem besonderen Saugrohre verbunden sein. (Fig. 177.) Die Öffnung *a* wird während des Saugens verschlossen.

§ 52. Die Pumpen.

a) Das in der Tiefe der Erde vorkommende Wasser wird durch Pumpen in die Höhe befördert.

Mit der **Saugpumpe** hebt man das Wasser bis an die Oberfläche der Erde oder nur bis zu einer geringen Höhe über derselben. Soll es aber in die höchsten Stockwerke eines Hauses oder auf Wassertürme geleitet werden, so bedient man sich der **Druckpumpe.**

Die Saugpumpe: Saugrohr *A* im Brunnen *R*. Welche Länge darf es höchstens haben? Im Pumpenrohr *B* bewegt sich ein durchbohrter Kolben auf und ab. Ausflußrohr *C* über dem höchsten Stand des Kolbens. Die Öffnung zwischen Saug- und Pumpenrohr und die im Kolben sind durch Klappen oder Ventile (Bodenventil *D*, Kolbenventil *E*) verschlossen. (Fig. 178.)

1. Heben des Kolbens: Luftverdünnter Raum zwischen Bodenventil und Kolben. Das Wasser steigt, öffnet das Bodenventil und dringt bis unter den Kolben. Warum bleibt das Kolbenventil geschlossen? Welche Kraft drückt das Wasser in die Höhe?

2. Senken des Kolbens: Bodenventil schließt sich. Warum? Das Wasser dringt durch die Öffnung des Kolbens. Wo ist es, wenn der Kolben unten angekommen ist? Um wieviel ist es gestiegen?

3. Zweiter Kolbenhub: Was entsteht unter dem Kolben? Wieviel Wassersäulen sind jetzt zu unterscheiden? Durch welche Kraft wird die untere, durch welche aber die obere in Bewegung gesetzt?

Gib das Spiel der Ventile bei jeder Kolbenbewegung an!

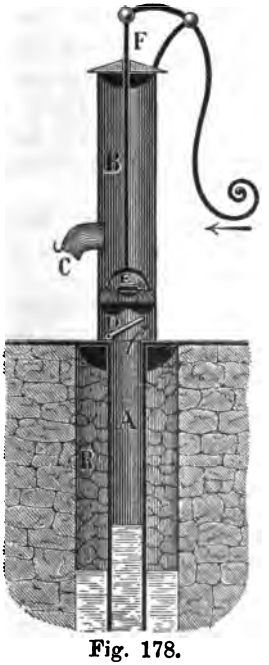


Fig. 178.

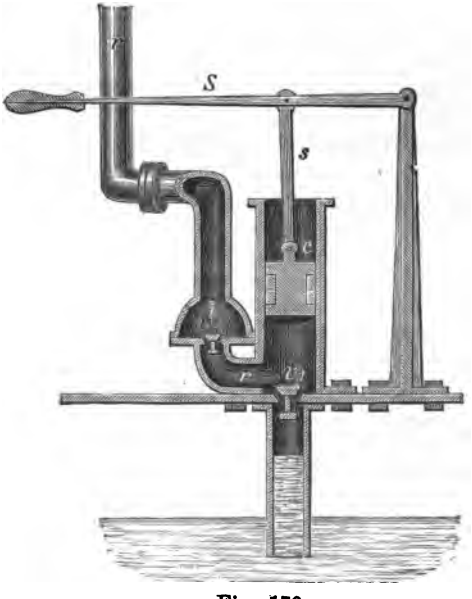


Fig. 179

***b*) Die Druckpumpe:** Saugrohr, Pumpenrohr und Bodenventil wie bei der Saugpumpe. Der Kolben ist nicht durchbohrt (massiv). Das Ausflußrohr (Steigrohr) öffnet sich unter dem tiefsten Stand des Kolbens. Gib auch hier das Spiel der Ventile an! (Fig. 179.)

1. Erster Kolbenhub: Wassersäule in Bewegung bis zum Kolben. Welche Kraft bewegt sie?

2. Senken des Kolbens: Eine Wassersäule in Bewegung, welche in das Steigrohr dringt; eine in Ruhe im Saugrohr.

3. Zweiter Kolbenhub: Eine Wassersäule in Bewegung. Wo? Eine in Ruhe. Wo?

Verfolge den Wechsel zwischen Ruhe und Bewegung bei den Wassersäulen und nenne die treibenden Kräfte!

Die Pumpen werden meistens aus Eisen verfertigt. Der Kolben muß luftdicht schließen. Zu Ventilen nimmt man entweder mit Leder besetzte Holzplatten oder Gummibälle oder Metallkegel. — Die Brunnen werden oft gebohrt. — Ist das Grundwasser nicht zu tief, so treibt man ein zugespitztes Saugrohr in den Boden. Durch ein seitlich angebrachtes Sieb dringt das Wasser in das Rohr. Die Pumpe wird auf das Saugrohr aufgeschraubt, sobald dieses in das Wasser gedrungen ist.

§ 53. Der Luftballon.

Ein fester Körper, welcher leichter ist als ein gleiches Volumen Wasser, steigt in demselben in die Höhe. Ebenso steigen auch Gase, welche leichter sind als ein gleicher Raumteil Luft, in derselben aufwärts. Warme Luft steigt in die Höhe. — Füllt man Seifenblasen mit gewöhnlicher Luft, so sinken sie; füllt man sie mit Leuchtgas oder Wasserstoff, also mit Gasen, die leichter sind als Luft, so steigen sie.

Der **Luftballon** besteht aus einer kugel- oder birnförmigen Hülle aus Seide, welche durch einen Lacküberzug für Gase undurchlässig gemacht worden ist. Ein Korb hängt an einem Netz starker Schnüre. Oben an dem Ballon ist ein Ventil, das durch eine Schnur, die bis in den Korb reicht, nach unten gezogen werden kann. Die Hülle wird mit Leuchtgas oder Wasserstoffgas gefüllt.

Da die Luft nach oben immer dünner wird, so steigt der Ballon so hoch, bis er ebensoviel wiegt als die Luft, die er verdrängt. Um den Ballon zum Sinken zu bringen, wird das Ventil geöffnet.

Geschichtliches. Die Erfinder des Luftballons sind die Gebrüder **Montgolfier**, Papierfabrikanten in Annonay in Frankreich. Die ersten Ballons, welche gegen Ende des 18. Jahrhunderts angefertigt wurden, hatten eine Papierhülle und waren mit warmer Luft gefüllt. Diese stieg von einem unter der Öffnung des Ballons hängenden, mit brennenden Kohlen gefüllten Rost in die Hülle und blähte sie auf. Später ersetzte man das Papier durch Seide und die warme Luft durch Wasserstoff. Die höchste Luftfahrt unternahm vor einigen Jahren der Berliner Luftschiffer Berson; er erreichte eine Höhe von ungefähr 10.000 *m*. Da in einer solchen Höhe die verdünnte Luft nicht mehr zum Atmen ausreicht, muß das Leben durch Einatmen verdichteten Sauerstoffes unterhalten werden. — Zu militärischen Zwecken verwendet man Fesselballons. Praktische lenkbare Luftschiffe sind bis jetzt noch nicht erfunden worden.

§ 54. Die Spannkraft der luftförmigen Körper.

a) In § 1 *c*) ist von der **Spannkraft** luftförmiger Körper die Rede gewesen. Vermöge dieser Kraft, welche die Moleküle voneinander entfernt, haben diese Körper das Bestreben, jeden Raum auszufüllen.

Die Spannkraft kann auf verschiedene Weise **vergrößert** werden.

Eine zugebundene, schlaffe Schweinsblase bläht sich unter der Glocke der Luftpumpe stark auf, wenn die Luft ausgepumpt wird.

Der äußere Luftdruck hielt der Spannkraft der eingeschlossenen

Luft das Gleichgewicht. Verringert sich aber der äußere Druck, so erhält die Spannkraft das Übergewicht, und die Blase dehnt sich aus.

Warum dürfen Luftballons nicht prall gefüllt werden?

b) Eine zur Hälfte mit Wasser gefüllte Flasche ist mit einem doppelt durchbohrten Kork verschlossen. Durch die eine Öffnung führt eine zugespitzte Glasröhre bis in das Wasser hinein, eine andere Glasröhre geht durch die zweite Öffnung und mündet in den Luftraum über dem Wasser (**Heronsball, Spritzflasche**). (Fig. 180.) Bläst man in diese Röhre, so spritzt das Wasser in einem starken Strahle aus der zugespitzten Röhre.

Durch das Blasen wurde noch mehr Luft in den oberen Luftraum getrieben; die Luft wurde also **verdichtet.** Verdichtete Luft besitzt größere Spannkraft als die gewöhnliche atmosphärische Luft.

Fig. 180.

Die Kompressionspumpe. (Fig. 181.) In *O* und *O'* strömt die Luft ein, wenn der massive Kolben die höchste Lage im Rohr erreicht hat. Beim Hinabdrücken des Kolbens wird die Luft durch die untere Öffnung in einen Luftbehälter getrieben. Gib das Spiel des Ventiles *v* an. Anwendung: Aufblasen der Luftschläuche der Fahrräder, Zuführen von Luft in Taucherglocken, Einpressen der Kohlensäure in künstliche Mineralwässer.

c) Wird durch die kurze Röhre des Heronsballes Wasser in die Flasche gegossen, so spritzt ebenfalls ein kräftiger Wasserstrahl aus der zugespitzten Röhre. (Bei diesem Versuche muß die Einflußröhre bis unter den Wasserspiegel reichen.)

Fig. 181.

Durch das Zuführen von Wasser wurde der **Luftraum verkleinert,** also die Luft verdichtet und ihre Spannkraft vergrößert.

Erkläre den Blasebalg (Fig. 182), **die Knallbüchse!**

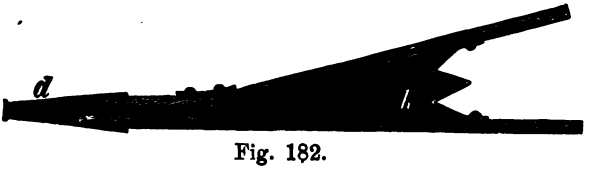


Fig. 182.

Die Feuerspritze. In einem Wasserkasten stehen zwei Druckpumpen *A* und *B*; zwischen denselben liegt der Windkessel, ein kupferner Behälter, in den die Steigröhren *D* und *F* der beiden Druckpumpen münden. Das Spritzenrohr *H* führt aus dem unteren Teile des Windkessels ins Freie. Wird während des Pumpens die Mündung des Spritzenrohres geschlossen, so steigt langsam das Wasser im Windkessel und preßt die darin befindliche Luft stark zusammen. Öffnet man nun das Spritzenrohr, so wirkt die Luft wie eine stark gespannte Feder und treibt das Wasser in kräftigem Strahle hinaus. (Fig. 183.) — Ohne Windkessel entsteht ein unterbrochener Wasserstrahl. Warum?

d) Eine Kochflasche, die ein wenig Wasser enthält, wird mit einem

Kork verschlossen. Erhitzt man das Wasser, so wird bald der Kork mit großer Gewalt herausgeschleudert.

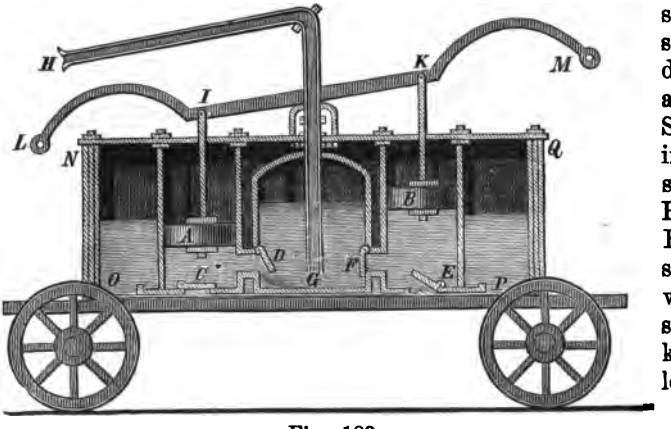


Fig. 183.

Die eingeschlossenen Wasserdämpfe werden durch die Wärme ausgedehnt; ihre Spannkraft wird immer größer, bis sie endlich die Reibung zwischen Kork und Flaschenhals überwindet. Hochgespannter Dampf kann also Arbeit leisten. Anwendung bei der Dampfmaschine. (§ 56.)

Warum dürfen zugeschraubte Wärmflaschen nicht auf den heißen Ofen gestellt werden? — Gieße niemals Wasser oder eine brennbare Flüssigkeit auf die glühenden Kohlen des Ofens! Die erzeugten Gase können den Ofen sprengen. — Werden verkorkte, mit eingemachten Früchten gefüllte Flaschen im Wasserbade gekocht, so muß man jede mit einem Tuch umwickeln. Warum?

§ 55. Luftdruck und Siedepunkt.

a) In offenen oder lose verschlossenen Gefäßen siedet das Wasser bei 100° (§ 14). Wenn bei dieser Temperatur die Dampfblasen bis an die Oberfläche des Wassers steigen, so haben sie eine Arbeit zu leisten, nämlich den Luftdruck zu überwinden.

Um nachzuweisen, daß der Luftdruck einen Einfluß auf den Siedepunkt hat, stellt man unter die Glocke der Luftpumpe ein Gefäß mit warmem Wasser. Beim Auspumpen der Luft sieht man Dampfblasen aus dem warmen Wasser aufsteigen. **Je geringer der Luftdruck, desto niedriger der Siedepunkt.**

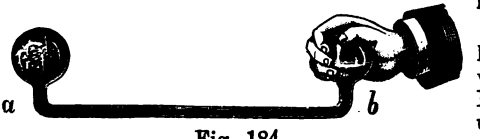


Fig. 184.

Mit dem **Pulshammer**, einer luftleeren Röhre, die Spiritus enthält, weist man nach, daß im luftleeren Raume eine geringe Wärme genügt, um die Flüssigkeit zum Verdampfen zu bringen. Die Wärme der Hand reicht aus, um den die Wände der Kugel *b* benetzenden Spiritus zu verdampfen. Die Dampfblasen gehen durch die Röhre und die Flüssigkeit hindurch und rufen in *a* eine dem Sieden ähnliche Erscheinung hervor. — Warum liegt der Siedepunkt des Wassers auf hohen Bergen unter 100°? — Warum kann auf dem Mond kein Wasser sein?

In einer Kochflasche (Fig. 185) wird das Sieden des Wassers so lange fortgesetzt, bis über dem Wasser nur noch Wasserdämpfe sind. Verkorkt man die Flasche, nachdem man die Flamme entfernt hat, kehrt sie um und begießt sie mit kaltem Wasser, so fängt das Wasser wieder an zu sieden. Warum?

Der Siedepunkt hängt von dem auf die Flüssigkeit ausgeübten Druck ab.

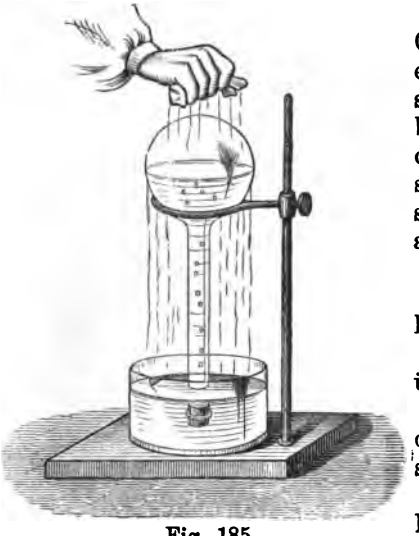


Fig. 185.

b) Wird in einem festverschlossenen Gefäße Wasser erhitzt, so können die sich entwickelnden Dämpfe und die eingeschlossene Luft nicht entweichen. Diese beiden Gase dehnen sich bei zunehmender Temperatur immer mehr aus und üben somit einen starken Druck auf das Wasser aus. Der Siedepunkt liegt in diesem Falle über 100°. Die Wasserdämpfe besitzen alsdann eine sehr hohe Spannung.

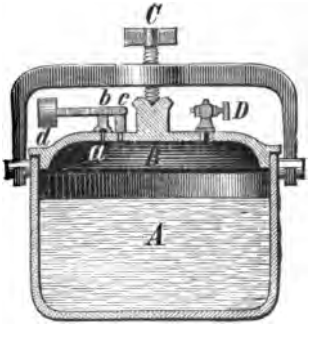


Fig. 186.

Die meisten Speisen sind erst gar und verdaulich, wenn sie längere Zeit bei 100° gekocht werden. Da diese Temperatur bei Anwendung von gewöhnlichen Kochtöpfen in hohen Gebirgsgegenden nicht erreicht werden kann, so wendet man den **Schnellkocher** oder **Sparkochtopf** von Papin an (Fig. 186): Starker Kessel aus Eisen mit festgeschraubtem Deckel. In *a* eine kleine Öffnung, die mit einem Ventil verschlossen ist. Ein einarmiger Hebel mit einem Gleichgewicht *d* drückt auf das Ventil, der Drehpunkt liegt in *c*. Warum trägt dieses Ventil mit Recht den Namen **Sicherheitsventil**? Warum steigt der Siedepunkt des Wassers über 100°? Harte Stoffe: Horn, Holz, können darin weich gekocht werden. Warum ist dieser Kochtopf ein Sparkochtopf?

§ 56. Die Dampfmaschine.

a) Wasserdampf von hoher Spannung kann Arbeit leisten (§ 54 *d*)

Wird das Wasser in der Kochflasche (Fig. 187) erwärmt, so steigt das Quecksilber in der Glasröhre in der Richtung des Pfeiles und zeigt dadurch den Druck des Dampfes an (Manometer). — In dem Gefäße (Fig. 188) treibt die Spannkraft des Dampfes den Kolben in die Höhe.

Fig. 187.

Die Spannkraft des stark erhitzten Wasserdampfes kommt in der **Dampfmaschine** zur Anwendung.

b) Jede Dampfmaschine besteht aus zwei wesentlichen Teilen: 1. aus dem **Dampfkessel**, in welchem der hochgespannte Wasserdampf entsteht, und 2. aus dem **Motor** (Beweger), in welchem der Dampf arbeitet.

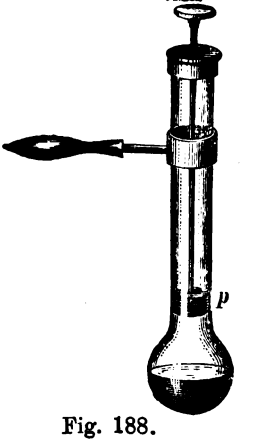


Fig. 188.

Der **Dampfkessel** hat einen starken, zylinderförmigen Stahlblechmantel. Bei den Fabrikmaschinen ist er in einem Ofen eingemauert; bei den Lokomotiven liegt er auf einem Wagengestell. Der Kessel wird

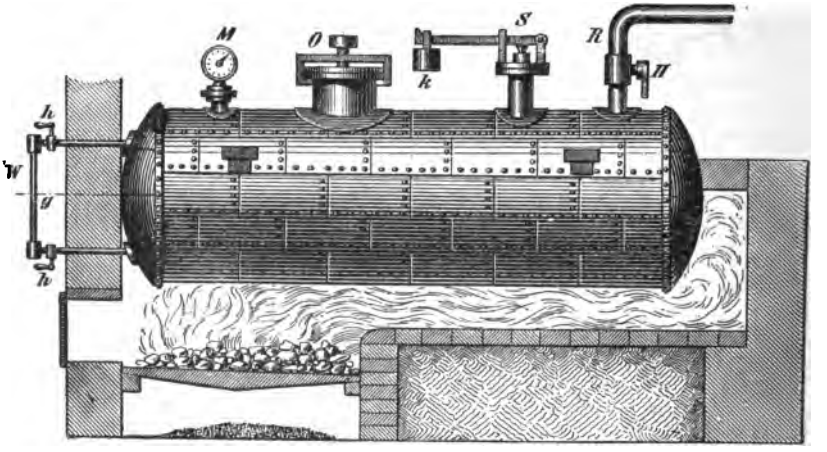
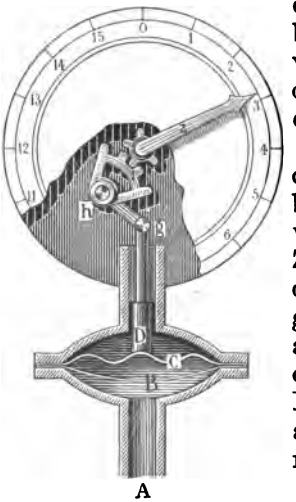


Fig. 189.

ungefähr bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt; in dem übrigbleibenden Teil sammelt sich der Dampf. Ist die nötige Spannung erreicht, so wird der Hahn *H* geöffnet, und der Dampf gelangt durch das **Dampfrohr** *R* in den Motor. Ein **Wasserstandsrohr** *W* zeigt an, wie hoch das Wasser im Kessel steht (verbundene Gefäße). Um eine Explosion des Kessels durch zu hoch gespannte Dämpfe zu verhüten, befindet sich oben am Kessel ein **Sicherheitsventil** *S*. Das **Manometer** *M* gibt den Druck des Dampfes an. Seine innere Einrichtung gleicht der des Dosenbarometers (§ 50 *b*).



A

Fig. 190.

Es besteht wie dieses aus einer Metalldose *B* mit elastischem Deckel aus feinem Wellblech *C*. Mit dem Deckel ist die Stange *D* fest verbunden, welche durch die Kurbel *g h* das Zahnrad und dadurch den Zeiger *z* dreht, wenn der durch *A* einströmende Dampf von unten gegen den Deckel drückt und ihn nach oben ausbiegt. Bei abnehmendem Dampfdruck nimmt der Deckel die frühere Lage vermöge seiner Elastizität wieder ein. Die Zahlen 1, 2, 3 usw. auf dem Zifferblatt besagen, daß der Dampf mit 1, 2, 3 usw. Kilogramm auf 1 *qcm* drückt.

Durch die Öffnung *O* (Fig. 189) können Arbeiter in das Innere des Kessels gelangen, um denselben zu reinigen.

Warum ist ein zylinderförmiger Kessel besser als ein solcher mit viereckiger Grundfläche? — Welche Lage am Hebelarm muß man dem Gleitgewicht *K* geben,

wenn die höchste Dampfspannung erreicht werden soll? — Welchen Zweck hat der Hahn *H*? — Warum muß das Wasserstandsrohr oben und unten mit dem Kesselraum in Verbindung stehen? — Das Dampfrohr wird mit schlechten Wärmeleitern umhüllt. — Zu stark belastete Sicherheitsventile führen eine **Kesselexplosion** herbei. — Eine zweite Ursache ist die Bildung des Kesselsteines. Beim Verdampfen harten Wassers setzt sich der Kalk an die Kesselwände in Gestalt einer steinharten, die Wärme schlecht leitenden Kruste an. Unter dieser Kruste wird die Kesselwand glühend. Weil nun Eisen und Steinkruste eine ungleiche Ausdehnung haben, so bröckelt die Kruste ab, und das Wasser kommt in Berührung mit der glühenden Wand. Es verwandelt sich plötzlich in Dampf (verpuffen) und sprengt den Kessel. Um diese unheilvolle Wirkung zu verstehen, muß man bedenken, daß ein **Raumteil Wasser 1700 Raumteile Dampf** von 100^0 erzeugt.

c) Bei **Fabrikmaschinen** steht der **Motor** meistens in einem Raum dicht neben der Kesselanlage, damit der Dampf nur einen kurzen Weg zurückzulegen hat. Die Lokomotive hat zwei Motore, die rechts und links unten neben dem Kessel liegen.

Der Hauptteil des Motors ist der **Dampfzylinder** aus Stahl oder Messing. In diesem Zylinder bewegt sich ein Kolben luftdicht hin und her. An der **Kolbenstange** sitzt die **Pleuelstange**, welche vermittelst der Kurbel *K* die Achse *A* und das Schwungrad *S* in Bewegung setzt. Der Dampf kommt durch das **Dampfrohr** *R* zunächst in die **Dampfkammer** *D*. Die Röhren 1 und 2 stellen die Verbindung zwischen *D* und *T* her, während das Rohr 3 seitlich durch die Wand gebohrt ist und ins Freie führt. Der **Schieber** *s*, ein eiserner Kasten ohne Boden, gleitet längs der Wand hin und her und deckt abwechselnd die Öffnungen 1 und 2 zu, während die Öffnung 3 stets unter dem Schieber liegt.

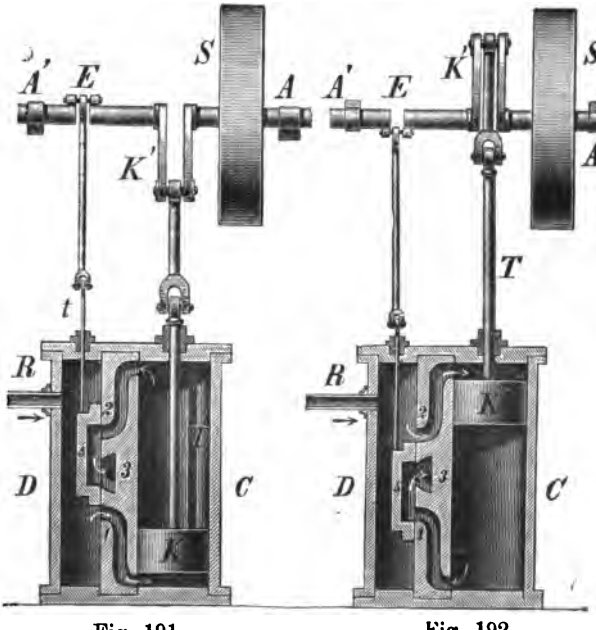


Fig. 191. Fig. 192.

Weg des Dampfes (Fig. 191): Von *R* nach *D*, durch 1 nach *T* und treibt *K* nach oben. Die über *K* befindliche Luft entweicht durch 2 unter den Schieber nach 3 und in die Atmosphäre. — Gib den Weg des Dampfes in Fig. 192 an! Welchen Zweck haben die Stange *t* und die Kurbel *E*? — Es gibt Dampfmaschinen mit senkrechtem oder wagerechtem Zylinder. — Die Kolbenstange muß genau geradlinig hin- und hergehen. Warum? Pleuelstange und Kurbel haben den Zweck, eine geradlinige Bewegung in eine kreisförmige umzusetzen.

d) Wirft der Heizer frische Kohlen auf den Herd unter dem Kessel, so sinkt augenblicklich die Temperatur, weil diese Kohlen Wärme verbrauchen, um ins Glühen zu geraten; die Dampfspannung nimmt also ab, und die Maschine geht langsamer. Sind die Kohlen in voller Weißglut, so steigt die Temperatur und mit ihr die Dampfspannung; die Maschine läuft rascher. — Um nun einen regelmäßigen Gang der Maschine zu erzielen, befindet sich am Motor der **Zentrifugalregulator.**

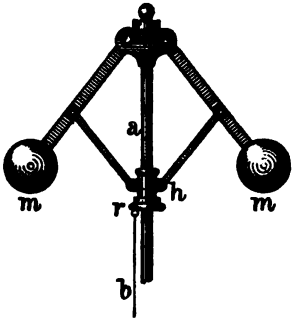


Fig. 193.

An der senkrechten Achse *a*, die von der Maschine durch konische Räder schnell um sich selbst gedreht wird, sind zwei Arme mit schweren Metallkugeln beweglich eingelenkt. Die Zentrifugalkraft entfernt die Kugeln von einander, und der Ring *r* wird gehoben. Dieser steht durch die Zugstange *b* mit einer drehbaren Klappe im Dampfrohr, dem **Drosselventil**, in Verbindung. Dieses Ventil verschließt mehr oder weniger das Dampfrohr und reguliert auf diese Weise den Dampfzufluß.

e) Die **Lokomotive** ist eine Dampfmaschine, die sich selbst vom Orte fortbewegt. Auf einem Wagengestell liegt der große Zylinderkessel. Durch zwei senkrechte Wände ist er in drei Abteilungen geteilt: **Feuerraum, Siederaum, Rauchkammer** mit Schornstein. Zahlreiche **Siederöhren**, durch welche die Flammen schlagen, führen vom ersten zum dritten Raum und vergrößern somit die Heizfläche. Der Siederaum soll stets mit Wasser gefüllt sein, das die Siederöhren umgibt. Mit Hülfe eines **Wasserstandsrohres** kann der Lokomotivführer den Stand des Wassers beobachten. Der Dampf sammelt sich im **Dampfdom** und geht durch ein im Kessel liegendes **Dampfrohr** nach den beiden **Zylindern.** Die **Pleuelstangen** bewegen vermittelst Kurbeln große **Schwungräder**, welche auf Schienen laufen. Von seinem Stande hinter der Maschine kann der Lokomotivführer willkürlich mittelst eines drehbaren Schiebers den Dampf stärker oder schwächer in das Dampfrohr strömen lassen. Mit einer **Dampfpfeife** werden weit hörbare Signale gegeben. Ein eiserner Wagen hinter der Lokomotive, der **Tender**, enthält den Wasser- und Kohlenvorrat. Von dem Wasserbehälter führen Pumpen in den Siederaum, um denselben mit Wasser zu speisen.

Die Schienen vermindern die Reibung und leiten den Zug. Damit die Räder den Schienen folgen, haben sie am Umfang einen hervorragenden Radkranz. Warum bleibt ein Zug nicht sofort stehen, wenn der Dampf abgesperrt wird? Notwendigkeit einer Bremse. — Unter jedem Wagen ist eine Notbremse, die in Tätigkeit tritt, wenn ein im Innern des Wagens angebrachter Hebel herumgelegt wird; der Zug bleibt nach kurzer Zeit stehen. Welchen Zweck hat der dünne Faden mit Bleisiegel am Hebel der Notbremse? — Die Signalstange mit beweglichem Arme, welche in der Nähe des Bahnhofes steht, ist ein optischer Telegraph und zeigt an, ob die Bahn frei ist oder nicht. — Zwischen den beiden Schienen einer Zahnradbahn liegt eine dritte Schiene, welche an ihrer oberen Seite starke Zähne trägt. Unter der Lokomotive dreht sich ein Zahnrad, das in die Zähne der Schiene eingreift und den Zug in die Höhe bewegt.

f) Die **Dampfschiffe** werden durch Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt, die im Innern des Schiffes ihre Lage haben. Auf Seen und Flüssen verkehren **Raddampfer.** Die durch die Maschine in Bewegung gesetzten Schaufelräder üben einen Druck auf das Wasser aus und treiben das Schiff vorwärts. Die Meere werden meistens mit **Schraubendampfern**

befahren. Die Schrauben gleichen Windmühlenflügeln. Sie liegen am Hinterteil des Schiffes und schrauben sich mit großer Geschwindigkeit durch das Wasser hindurch. Die Riesendampfer der heutigen Zeit haben zwei und drei Schrauben und legen den Weg zwischen Hamburg und New York in sechs Tagen zurück.

g) **Geschichtliches.** Der geniale Erfinder der eigentlichen Dampfmaschine, in welcher also die Spannkraft des Dampfes Arbeit verrichtet, ist der Engländer **James Watt.** Er wußte diese Maschine gleich auf einen solchen Grad der Vollkommenheit zu bringen (1770), daß man später und bis heute kaum wesentliche und bedeutsame Verbesserungen vorzunehmen brauchte. Er hatte eine große Fabrik in Birmingham gegründet, aus welcher die meisten damaligen Maschinen für die britischen Inseln hervorgingen. — Deutschland besitzt heutzutage eine großartig entwickelte Maschinenindustrie. Gib die wichtigsten Orte dieser Industrie an!

Vor der Wattschen Erfindung kannte man nur **atmosphärische Maschinen,** deren Idee von **Papin** herrührt (Ende des 17. Jahrhunderts). Die Maschine von **Newcomen** bestand aus einem oben offenen Zylinder, in welchen Dampf von unten einströmte. Der Kolben hing an einem zweiarmigen Hebel und wurde durch ein Gewicht in die Höhe gezogen. Wurde nun der Dampf unter dem Kolben durch Einspritzen kalten Wassers verdichtet, so entstand ein luftverdünnter Raum in dem Zylinder, und der Druck der Atmosphäre trieb den Kolben nach unten.

Ein Amerikaner, **Fulton,** ist durch die Erfindung des Dampfschiffes unsterblich geworden. 1807 baute er ein Dampfschiff, welches mit einer von Watt gelieferten Dampfmaschine getrieben wurde und regelmäßige Fahrten auf dem Hudson zwischen New York und Albany unternahm.

Der Erfinder der Lokomotive ist der Engländer **Stephenson.** Als Sohn eines Bergmannes arbeitete er sich durch eigene Kraft empor und wurde Direktor eines großen Kohlenbergwerkes. Er ersetzte die Holzschienen, auf denen die Kohlenwagen befördert wurden, durch eiserne und ist dadurch der Schöpfer der Eisenbahnen geworden. Seine erste Lokomotive, Rocket, lief auf der Bahn Liverpool—Manchester. — Im Jahre 1835 wurde die erste Eisenbahn in Deutschland zwischen Nürnberg und Fürth dem Betriebe übergeben; die Lokomotive lieferte Stephenson.

Die Dampfmaschine hat eine völlige Umwälzung auf dem Gebiete des Gewerbes und des Verkehrs hervorgebracht. Durch die Vergrößerung der Arbeitskraft wurde auch eine gewaltige Erhöhung der Leistungen erzielt, und das Gewerbe entwickelte sich zur heutigen Großindustrie. — Das Reisen war früher beschwerlich, teuer und zeitraubend; mit der Dampfmaschine überwindet man auf dem Lande wie auf dem Wasser die größten Entfernungen in verhältnismäßig kurzer Zeit, und die Eisenbahnzüge wie die Dampfschiffe gewähren dem Reisenden die größten Annehmlichkeiten für billiges Geld.

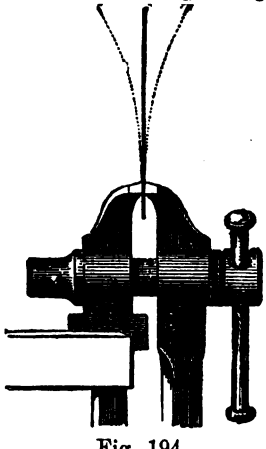


Fig. 194.

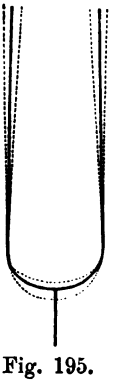


Fig. 195.

V. Der Schall.

§ 57. Entstehung und Fortpflanzung.

a) Mit dem Ohre vernehmen wir den Gesang eines Vogels, den Ton des Klaviers, den Knall einer Kanone, das Rollen des Donners. Diese Wahrnehmungen, die durch das Ohr vermittelt werden, nennt man **Schall.**

Ein Stahlstreifen wird in einen Schraubstock eingeklemmt. (Fig. 194.) Biegt man nun das obere Ende des Streifens nach der Seite und läßt es

dann schnell los, so sieht man, wie der Streifen hin- und herschwingt, und zu gleicher Zeit hört man einen Schall, der nur so lange wahrgenommen wird, als die Schwingungen dauern. — Dieselbe Beobachtung macht man an einer angestrichenen Violinsaite, an einer angeschlagenen Stimmgabel. Die Schwingungen dieses Instrumentes (Fig. 195) werden sichtbar, wenn man die Spitzen der schwingenden Zinken in ein Glas Wasser taucht oder sie an ein Blatt Papier hält; man fühlt sie, wenn man den Stiel zwischen die Zähne klemmt; ein Pendelchen wird weit fortgeschnellt.

Der Schall entsteht durch die Schwingungen eines elastischen Körpers.

b) Damit der Schall wahrgenommen werde, müssen die Schwingungen der Schallquelle zu unserm Ohr geleitet werden. Der wichtigste **Schallleiter** ist die **Luft.**

Um zu beweisen, daß die Luft zur Fortpflanzung des Schalles notwendig ist, benutzt man den Apparat Fig. 196. Glaskugel mit Glocke. Nach dem Auspumpen der Luft hört man den Ton ganz schwach oder gar nicht mehr.

Fig. 196.

Auf hohen Bergen kann man die Stimme eines Menschen nur in unmittelbarer Nähe deutlich vernehmen. Eine ähnliche Beobachtung macht der Luftschiffer.

Eine Vorstellung der Fortpflanzung des Schalles

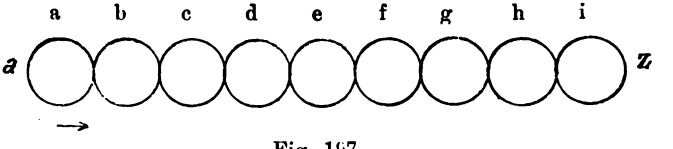


Fig. 197.

durch die Luft erhält man, wenn man mehrere Holzkugeln auf einem Drahte aneinander reiht (Rechenmaschine) und nun die Kugel *a* (Fig. 197) gegen die Reihe schleudert. Die Kugeln von *b* bis *h* erfahren keine Ortsveränderung, nur *i* springt ab. Die Kugeln *b* bis *h* haben den Stoß fortgeleitet, indem Kugel *b*, nachdem sie durch den Stoß verdichtet wurde, sich vermöge ihrer Elastizität wieder ausdehnte und in *c* eine Verdichtung verursachte. So pflanzte sich der Stoß von Kugel zu Kugel fort bis zur letzten. — Die Kugeln stellen die Luftteilchen vor; die Schwingungen der Schallquelle rufen abwechselnd eine Verdichtung und wieder eine Ausdehnung der Luftteilchen

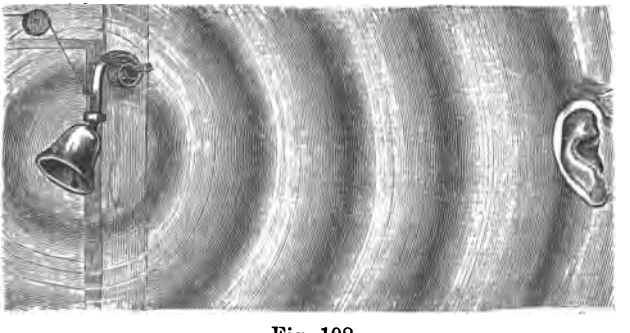


Fig. 198.

hervor. Diese Verdichtungen und Verdünnungen gehen aber rund um die Schallquelle vor sich; sie bilden also ineinander geschachtelte Hohlkugeln, welche man **Schallwellen** nennt. Fig. 198 zeigt das Bild dieser Schallwellen, welche sich von der tönenden Schelle bis zum Ohr fortpflanzen. **Die Schallwellen pflanzen sich nach allen Richtungen fort.**

Da die Schallwellen sich immer mehr ausbreiten, so werden die Verdichtungen und Verdünnungen immer schwächer. **Die Stärke des Schalles nimmt ab, wenn die Entfernung von der Schallquelle zunimmt.**

Wenn eine Kirchenglocke läutet, so hören nicht nur diejenigen den Ton, die auf dem Platz vor der Kirche sind, sondern auch diejenigen, die oben auf dem Turm, also über der Glocke stehen; man hört sie im ganzen Orte. — Liegt zwischen den Personen *A* und *B* ein großes Haus, so hört es *B* nicht, wenn *A* ruft. — Welche Erfahrung macht man, wenn eine spielende Musikkapelle hinter einem Hause vorbeigeht? — Starker Wind hemmt das Fortschreiten der Schallwellen. Erfahrung hinsichtlich der Deutlichkeit des Geläutes der Glocken bei windigem Wetter. — Ein Bild fortschreitender Wellen erhält man, wenn man über ein Ährenfeld hinwegsieht, das von einem sanften Winde bewegt wird. Man sieht lange dunkle und helle Streifen, die über das Feld hinziehen und durch eine schwingende Bewegung der Halme hervorgerufen werden. Bei *B* (Fig. 199) entsteht eine Verdichtung, während bei *A* und *C* eine Verdünnung eintritt. Die Halme selbst bleiben an ihrem Platze stehen.

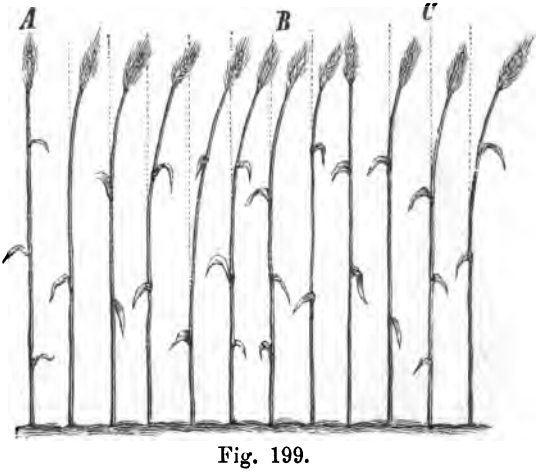


Fig. 199.

c) Die Schallwellen brauchen eine gewisse Zeit, um von der Schallquelle bis an unser Ohr zu gelangen.

Steht man in einiger Entfernung von einem hämmernden Arbeiter, so hört man den Schall erst, nachdem er zu einem neuen Schlage ausholt. — Blitz und Donner. — Erfahrung bei einer Parade, wenn die Truppen in einer größeren Entfernung von der Musik zum Marsche antreten. — Suche noch andere Beispiele!

Der Schall legt in der Luft einen Weg von 333 *m* in einer Sekunde zurück.

d) Auch feste und flüssige Körper sind Schalleiter; sie leiten den Schall um so besser, je dichter sie sind.

Das Ticken einer frei aufgehängten Uhr hört man nur in unmittelbarer Nähe. Drückt man sie leicht gegen das Ende eines langen Holzstabes, so vernimmt man deutlich das Ticken am andern Ende desselben. — Fig. 200 zeigt die Einrichtung eines Fadentelephons. Als Trommel kann man eine leere Kakaobüchse, als Membran ein Stück Pergamentpapier benutzen. Verbindet man zwei solcher Telephone mit einer 100 *m* langen Schnur, so kann man Zeichen oder Worte, die in ein solches gesprochen werden, am andern ver-

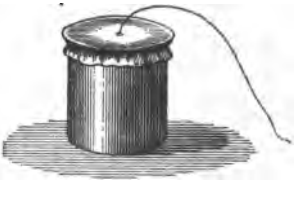


Fig. 200.

nehmen. — Schlägt man kurz und kräftig auf das eine Ende eines langen, straff gespannten Drahtes (eisernes Geländer), so hört man am andern Ende zuerst den Schall, der durch das Metall geleitet wird, dann erst den, der sich durch die Luft fortpflanzt. — Schlage unter Wasser zwei Steine gegeneinander! — Taucht man in einem Schwimmbade unter, so hört man deutlich die Stimmen der über dem Wasser stehenden Personen. — Wechseln sehr dichte und weniger dichte Körper miteinander, so wird der Schall durch diese verschiedenen Leiter nur sehr schwach oder gar nicht geleitet: Anwendung von schalldämpfenden Kissen, Polstern, Teppichen, Korkunterlagen, Korkwänden, hohlen Ziegelsteinen.

Feste und flüssige Körper leiten den Schall besser als Luft.

§ 58. Das Ohr.

a) **Beschreibung:** Das menschliche Ohr besteht aus drei Hauptteilen: dem äußeren, dem mittleren und dem inneren Ohr: Nur der erste Teil ist sichtbar und von außen zugänglich. — **Äußeres Ohr:** Knorpelige, trichterförmige **Ohrmuschel.** Der **Gehörgang,** dessen Wanddrüsen einen fettigen Stoff, das Ohrenschmalz, absondern, liegt zum Teil im Schädelknochen und wird durch ein zartes, elastisches, sehr empfindliches Häutchen abgeschlossen, das **Trommelfell. Mittleres Ohr:** Eine Höhle im Schädelknochen. Sie steht durch die **Eustachische Röhre** (Ohrtrompete) mit dem Munde in Verbindung. Dem Trommelfell gegenüber befinden sich in der Knochenwand zwei kleine Öffnungen, die

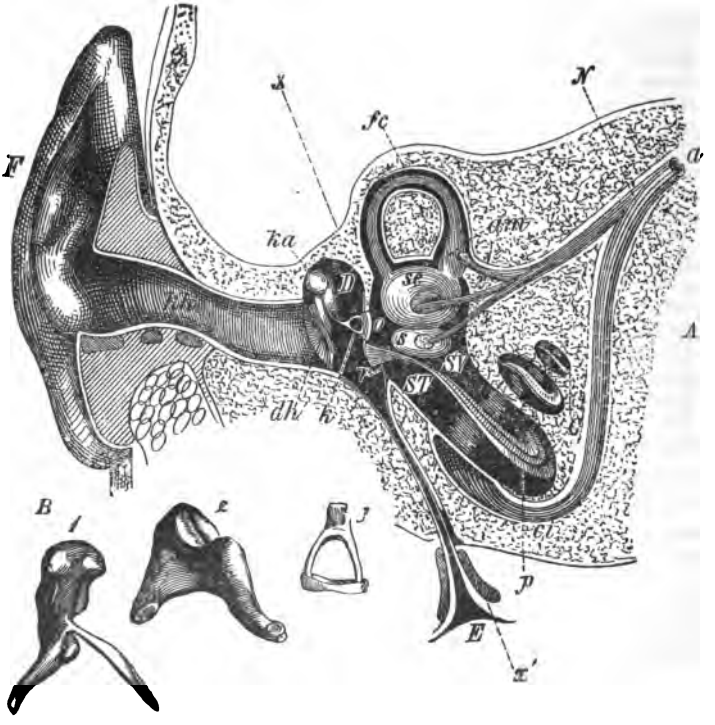


Fig. 201. Längsschnitt durch das Gehörorgan des Menschen.

Knorpel schraffiert, Knochen punktiert. *F* Ohrmuschel, *kk* äußerer Hörgang, *dh* Trommelfell, *ka* Hörknöchelchen, *D* mittleres Ohr, *E* Eustachische Röhre, *k* Steigbügel, *o* ovales, *r* rundes Fensterchen, *s* rundes, *ss* elliptisches Säckchen, *fc* halbkreisförmiger Kanal mit seiner Erweiterung *am*, *pC* Schnecke, *SV* Vorhofgang, *ST* Trommelhöhlengang, *p* Scheidewand der Schnecke, *N* Hörnerv, *a ci* inneres Ohr, *1*, *2*, *3* Gehörknöchelchen.

zum inneren Ohr führen, das **ovale** und das **runde Fensterchen.** Vom Trommelfell bis zum ovalen Fensterchen spannt sich eine kleine Knochenkette quer durch das mittlere Ohr. Sie besteht aus den sonderbar gestalteten **Hörknöchelchen:** Hammer, Amboß, Steigbügel. Der Hammer ist mit seinem Stiel am Trommelfell angewachsen, sein Kopf liegt auf dem Amboß, der mit dem einen Fuß mit dem Steigbügel verbunden ist. Die Platte des Steigbügels verschließt das ovale Fensterchen. Das runde Fensterchen ist mit einer dem Trommelfell ähnlichen Haut verschlossen. **Inneres Ohr:** Mehrere gewundene Knochenhöhlen, **Labyrinth.** Der mittlere Teil ist der **Vorhof;** darüber liegen die drei **Bogengänge,** darunter die **Schnecke.** Das Labyrinth ist mit dem Hörwasser erfüllt. Der **Hörnerv,** vom Gehirne kommend, dringt in das Labyrinth ein und verbreitet sich hauptsächlich in der Schnecke, die so benannt ist, weil ihr knöchernes Gehäuse ganz dem einer Gartenschnecke gleicht.

b) **Vorgang des Hörens:** Die Ohrmuschel fängt die Schallwellen auf und leitet sie vermöge ihrer trichterförmigen Gestalt in den Gehörgang. Der Schalleiter des äußeren Ohres ist also die Luft. Die Schallwellen treffen auf das elastische Trommelfell und versetzen es in Schwingungen. Wird der Ton a auf einer Violine gespielt, so macht die Saite 435 Schwingungen in der Sekunde; es entstehen also auch 435 Schallwellen in der Luft, und das Trommelfell schwingt ebenfalls 435mal in der Sekunde hin und her. Diese Schwingungen gehen nun auf die Knochenkette über, und 435mal in der Sekunde klopft der Steigbügel an das ovale Fensterchen. Im mittleren Ohr leiten also feste Körper den Schall. — Im inneren Ohr hat das Hörwasser die Aufgabe, den Schall in die Schnecke zu leiten. In der Schnecke ist eine feine Haut ausgespannt, welche von der ersten Windung bis zur letzten an Breite zunimmt. Bei starker Vergrößerung unter dem Mikroskop nimmt man in dieser Haut feine Fasern wahr, welche von einem Rande zum andern verlaufen und ebenfalls an Länge wachsen. Man nimmt an, daß sie wie die Saiten eines Klaviers auf bestimmte Töne abgestimmt seien. Singt man mit lauter Stimme einen Ton in ein Klavier hinein bei aufgehobener Dämpfung, so ertönt diejenige Saite, die auf diesen Ton abgestimmt ist, sie schwingt mit. So schwingt auch das Hörfäserchen, welches 435 Schwingungen in 1" ausführen kann, mit, und diese Schwingungen werden durch den Hörnerv dem Großhirn mitgeteilt, wo sie zum Bewußtsein gelangen.

Um einen leisen Schall besser zu hören, legt man die Hand hinter das Ohr. — Welche Bedeutung hat das Ohrenschmalz? — Ein sehr starker Schall könnte das Trommelfell zerreißen; welchen Vorteil hat es also, daß das mittlere Ohr mit Luft gefüllt ist? Auf welchem Wege gelangt diese Luft in das mittlere Ohr (**Paukenhöhle**)? — Steht man in unmittelbarer Nähe einer Kanone, die abgefeuert wird, so tut man gut daran, den Mund ein wenig zu öffnen. — Warum öffnen Schwerhörige den Mund, wenn man mit ihnen spricht? — Der Verlust des Trommelfelles und der Hörknöchelchen führt zur Schwerhörigkeit. — Ist der Hörnerv gelähmt, so ist man ganz taub.

Das Ohr verlangt sorgfältige Pflege: Schutz vor Erkältung und zu starkem Schall; Verhüten des Eindringens fremder Körper in den Gehörgang; Entfernung des erhärteten Ohrenschmalzes durch Ausspritzen. Führe nie einen harten oder spitzen Gegenstand (Stricknadel, Haarnadel) in den Gehörgang ein. Fühlt man Schmerzen im Ohre, so ist stets ein Arzt zu Rate zu ziehen.

c) **Geschichtliches.** Die Lehre von den Tonempfindungen verdanken wir dem genialsten Physiker des 19. Jahrhunderts, Helmholtz. Er war längere Zeit Professor der Physik an der Universität zu Berlin und hat auf den verschiedensten Gebieten der Naturwissenschaft bahnbrechenden Einfluß ausgeübt.

§ 59. Die Zurückwerfung des Schalles.

a) Ruft man gegen einen dichten Wald, eine steile Berglehne, einen großen Felsen, so hört man nach kurzer Zeit den Schall wieder; je weiter man von dem Wald oder der Bergwand entfernt ist, um so länger dauert es, bis man den Schall wieder vernimmt.

Rollt ein Gummiball auf dem Boden gegen eine Wand so, daß seine Bahn einen rechten Winkel mit der Wand bildet, so wird der Ball von der Wand zurückgeworfen, und er kehrt auf derselben Linie zurück.

Die Schallwellen sind sehr elastische Luftkugeln; auch sie werden von Wänden zurückgeworfen und kehren zu ihrem Ausgangspunkt zurück, wenn sie die Wand unter rechtem Winkel getroffen haben.

Diese Erscheinung heißt **Echo.**

b) Um drei Silben laut und deutlich auszusprechen, braucht man durchschnittlich 1 Sekunde; zum Aussprechen einer Silbe braucht man folglich $^1/_3$ Sekunde. In dieser Zeit legt aber der Schall einen Weg von 110 *m* zurück. Soll er also in $^1/_3$ Sekunde wieder zum Rufenden zurückkehren, so muß die Wand 55 *m* von ihm entfernt sein. Es entsteht alsdann ein **einsilbiges Echo.** Die gerufenen Silben seien mit *a*, *b*.... bezeichnet. Zum Aussprechen von *a* braucht man $^1/_3$ Sekunde; während nun *b* gerufen wird, kehrt *a* zum Ohr zurück und kann also nicht gehört werden; in der nächsten $^1/_3$ Sekunde kehrt dann *b* zurück, und da keine Silbe mehr ausgerufen wird, hört man *b* als einsilbiges Echo wieder.

Ist die Wand 2×55 oder 110 *m* entfernt, so entsteht ein **zweisilbiges Echo,** bei einer Entfernung von 3×55 oder 165 *m* ein dreisilbiges Echo etc. Ruft man bei einer Entfernung von 165 *m* nur zwei Silben *a* und *b*, so verstreicht nach dem Ausrufen von *b* und dem Echo von *a* $^1/_3$ Sekunde.

c) Wird in einem Gebirgstal ein Schuß abgefeuert, so hört man nicht einen einzelnen Knall, sondern ein langes Rollen. Das **vielfache Echo** hängt von der Anzahl der den Schall zurückwerfenden Wände ab.

Ein Echo kann mehrsilbig und vielfach sein. — Warum entsteht kein Echo, wenn die Schallwellen die Wand unter einem spitzen Winkel treffen? Rolle zum Beweise einen Gummiball unter einem solchen Winkel gegen eine Wand. — In großen Sälen, Kirchen entsteht der lästige Nachhall. Schalldecke über und hinter

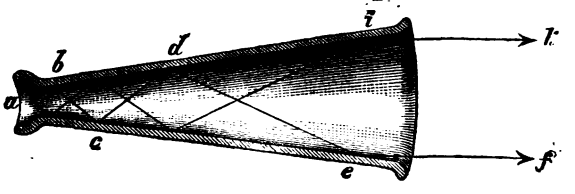


Fig. 202.

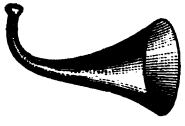


Fig. 203.

den Kanzeln und den Rednerbühnen. — Soll die menschliche Stimme weithin hörbar sein, so spricht man in die enge Öffnung *a* des **Sprachrohres** hinein. (Fig. 202.) In dieser kegelförmigen Röhre aus Blech werden die Schallwellen an der unmittel-

baren allseitigen Ausbreitung verhindert und pflanzen sich nach einer Richtung fort. Anwendung auf Schiffen. Maske mit Sprachrohr der altgriechischen Schauspieler. Gebrauch der Hand als Sprachrohr. — Für Schwerhörige ist das **Hörrohr** (Fig. 203) sehr wichtig. Beim Gebrauch steckt der Schwerhörige das enge Ende der Röhre in den Gehörgang. Spricht man in die weite Öffnung, so werden die Schallwellen im engeren Teile verdichtet und gelangen als verstärkte Schwingungen an das innere Ohr. Der Arzt gebraucht es ebenfalls zum Beurteilen der Lungen- und Herzgeräusche.

§ 60. Musikinstrumente.

a) Kann man bei einem Schall eine bestimmte Höhe oder Tiefe unterscheiden und ruft er eine angenehme Empfindung hervor, so heißt er **Ton.**

Hält man an ein in Umdrehung versetztes Zahnrad (Fig. 204) ein Kartenblatt, so entsteht ein Ton, der um so höher wird, je schneller das Rad gedreht wird. Die Zähne stoßen an das Kartenblatt und versetzen es in Schwingungen. **Die Höhe des Tones ist von der Anzahl der Schwingungen abhängig.**

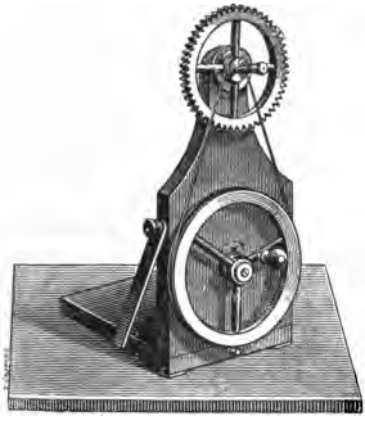


Fig. 204.

Dieses Gesetz läßt sich auch mit einer mehrfach durchlöcherten Scheibe (Sirene), die in rasche Umdrehung versetzt wird, beweisen. Bläst man mit einem Röhrchen gegen die Löcher, so wird der Luftstrom abwechselnd durchgelassen und wieder aufgehalten.

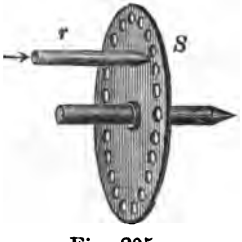


Fig. 205.

Es entstehen auf diese Weise hinter der Scheibe Schallwellen, die einen Ton erzeugen. Er ist um so höher, je schneller die Sirene gedreht wird. (Fig. 205.)

Ist die Sirene mit einem Zählwerk versehen, so kann man genau die Schwingungszahl eines Tones bestimmen. Der tiefste wahrnehmbare Ton, das Subkontra-C ($\underline{C}$), macht in der Sekunde 16 Schwingungen, das $\bar{a}$ der gewöhnlichen Stimmgabel (Pariser Stimmung) 435 Schwingungen. Der höchste wahrnehmbare Ton wird nach Helmholtz durch 38.000 Schwingungen hervorgebracht. In der Musik finden nur die Töne Anwendung, deren Schwingungszahl zwischen 30 und rund 5000 liegt. **Die Oktave macht doppelt so viel Schwingungen wie der Grundton.**

Zum Hervorbringen von Tönen verwendet man 1. **schwingende Saiten, 2. schwingende Platten oder Stäbe, 3. schwingende Luftsäulen.** Alle Musikinstrumente lassen sich auf diese drei Grundformen zurückführen. Volkstümliche Einteilung: Streich-, Schlag- und Blasinstrumente.

b) **Schwingende Saiten.** Geige, Cello, Bratsche, Kontrabaß, Klavier, Harfe. — 1. An einem Klavier bemerkt man, daß die Baßsaiten länger sind als die Diskantsaiten. Will man auf einer Violinsaite eine auf-

steigende Tonleiter spielen, so muß man sie durch Auflegen und Aufwärtsrücken des Fingers allmählich verkürzen. — 2. Die Baßsaiten des Klaviers sind dicker als die andern; die *G*-saite der Geige ist dicker als die *E*-saite. — 3. Ist der Ton einer Violinsaite zu tief, so muß man sie durch Umdrehen des Wirbels stärker spannen. — **Je stärker die Spannung einer Saite wird, je kürzer und je dünner sie ist, desto höher ist ihr Ton.**

Jede tönende Saite macht **Quer-** oder **Transversalschwingungen.** (Fig. 206.)

Spannt man eine Violin- oder Klaviersaite frei in der Luft aus, so gibt sie einen kaum hörbaren Ton, wenn man sie in Schwingungen versetzt. Hält man an den oberen Boden einer Geige ein leichtes Pendelchen und streicht man die *G*-Saite kräftig an, so erhält es von dem Boden rasch hintereinander kleine Stöße. Dieser Boden wird also durch die schwingende Saite ebenfalls in Schwingungen versetzt, und dadurch wird der Ton der Saite wesentlich verstärkt; man nennt diese Erscheinung das Mitschwingen oder Resonanz. Die Resonanzböden der Saiteninstrumente werden aus trockenem, harz- und astfreiem, elastischem Tannenholz verfertigt. Von ihrer Beschaffenheit hängt hauptsächlich die Güte dieser Instrumente ab. — Wo ist der Resonanzboden eines Klaviers? — Warum darf ein Resonanzboden keine Risse haben?

Fig. 206.

c) **Schwingende Platten:** Glocke, Pauke, Trommel, Schelle, Stimmgabel (Stäbe sind sehr schmale Platten), Becken, Triangel.

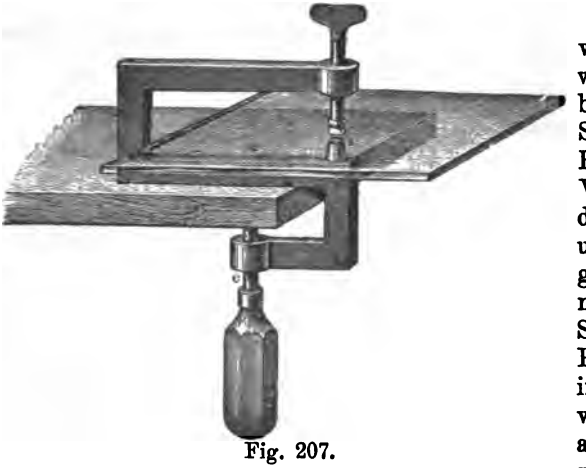


Fig. 207.

Eine Glasscheibe wird mit einer Klemmvorrichtung in der Mitte befestigt. (Fig. 207.) Streicht man nun den Rand kräftig mit einem Violinbogen, so ertönt die Scheibe. Um die Art und Weise ihres Schwingens zu erkennen, bestreut man die Platte mit feinem Sand. Während nun die Platte tönt, gerät der Sand in eine hüpfende Bewegung und kommt nur auf bestimmten Linien zur Ruhe, sternförmige Figuren bildend. (Fig. 208, bei *b* wird gestrichen, bei *a* die Platte leise berührt.)

Die Platten schwingen nicht als Ganzes. Die ruhenden Linien heißen **Knotenlinien.**

Streiche den Rand eines mit Wasser halb gefüllten Kelchglases oder einer Käseglocke mit einem Bogen. Die Wasserfläche wird durch ruhende Linien in 4 gleiche Teile geteilt, welche eine schöne Wellenbewegung zeigen. — Weise bei der

tönenden Stimmgabel die Knotenpunkte nach. (Fig. 195.) — Befestige an der Stimmgabel eine Nadel und streiche mit derselben, während die Gabel tönt, über eine berußte Glasplatte. Wellenlinie. (Fig. 209.) — Die Klangfiguren wurden zuerst von Chladni, einem berühmten deutschen Physiker, Begründer der Schallehre, dargestellt.

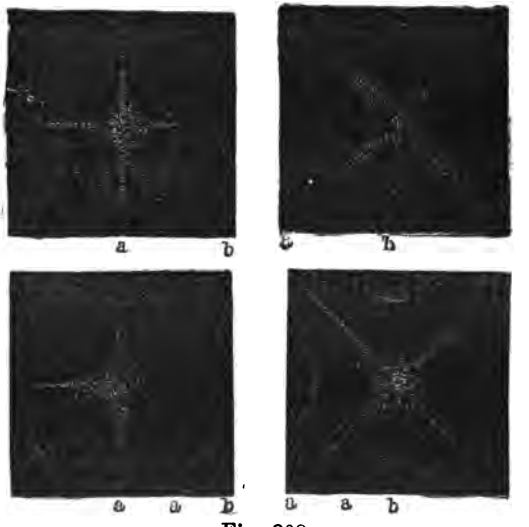


Fig. 208.

d) **Schwingende Luftsäulen:** Orgel, Blasinstrumente.

Bläst man über die Öffnung eines hohlen Schlüssels, eines Zylinders, einer Papphülse hinweg, so entsteht ein Ton, der um so tiefer ist, je länger der Hohlraum ist.

Wenn man einen hohlen Zylinder mit Wasser füllt, so entsteht ebenfalls ein Ton; derselbe wird deutlich hörbar, wenn der Wasserstrahl kräftig ist. Der Ton kann nicht von den Schwingungen der Glaswand herrühren, denn er entsteht auch, wenn man den Zylinder fest mit der Hand umfaßt. In dem Zylinder ist eine Luftsäule eingeschlossen, die durch das Anblasen oder durch den Wasserstrahl in Schwingungen (Längsschwingungen) versetzt wird und somit einen Ton erzeugt, dessen Höhe von der Länge der Luftsäule abhängig ist. Längsschwingungen veranschaulicht man am besten an einer mit einem Gewicht beschwerten Gummischnur, die an einem Ende aufgehängt ist. Zieht man das Gewicht nach unten und läßt man es dann schnell los, so macht die Schnur Längsschwingungen.

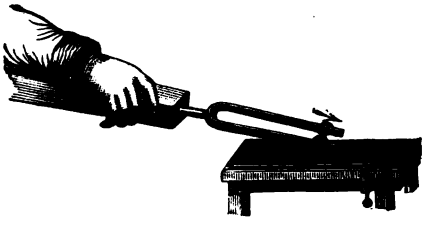


Fig. 209.

Fig. 210.

Schwingende Luftsäulen tönen. Sie machen Längs- oder Longitudinalschwingungen. Der Ton ist um so tiefer, je länger die Luftsäule ist.

Die **Lippenpfeifen** einer Orgel bestehen aus zwei Hauptteilen, (Fig. 211.) Der von der Windlade kommende Wind gelangt in den Fuß und strömt durch den Mund *O* aus. Dabei bricht er sich an der scharfen Lippe und versetzt die Luftsäule im Rohre in Schwingungen.

Im Fuße der **Zungenpfeifen** ist ein rechteckiger Ausschnitt (Fig. 212.)

in welchem die elastische Zunge *z* schwingt und dadurch die im Pfeifenrohr befindliche Luftsäule in Schwingung bringt.

Mund-, Ziehharmonika, das Harmonium haben ein Zungenwerk, Hoboe, Klarinette, Fagott gehören zu den Zungeninstrumenten. — Je länger die Orgelpfeife, desto tiefer der Ton. — Bei der Posaune werden durch Aus- und Einschieben eines gebogenen Rohres die verschiedenen Töne hervorgebracht. — Mit der Vorrichtung Fig. 213 und einer zweiten Stimmgabel, die denselben Ton gibt wie die erste, kann die Resonanz nachgewiesen werden. — Auch Luftsäulen können mitschwingen. Verfahre zum Nachweis der Resonanz nach Anleitung der Fig. 213 a! Schlage eine Stimmgabel an und halte sie über den leeren Zylinder! Der Ton ist nur sehr schwach hörbar. Gieße, während die Stimmgabel noch tönt, leise Wasser in den Zylinder! Bei einer bestimmten Höhe der Wassersäule nimmt man eine deutliche Verstärkung des Tones wahr. — Man kann auch den Zylinder durch einen gewöhnlichen Lampenzylinder ersetzen, den man 1 *cm* tief in Wasser einsenkt, um die untere Öffnung zu verschließen. Während die tönende Stimmgabel über die obere Öffnung gehalten wird, senkt man den Zylinder tiefer und vernimmt plötzlich einen ziemlich starken Ton. — Beobachtung an losen Fensterscheiben bei starkem Wind!

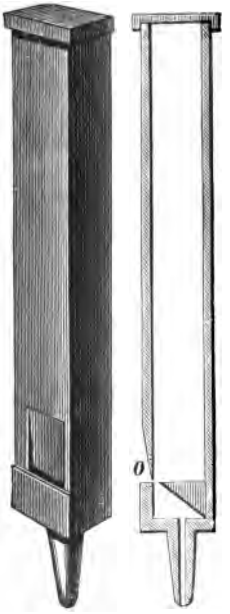


Fig. 211.

Fig. 212.

e) Das **menschliche Stimmorgan** (Fig. 214) gleicht einer Zungenpfeife. Auf der Luftröhre *h* sitzt ein knorpeliges, trichterförmiges Organ, der **Kehlkopf**. In demselben sind zwei elastische Bänder, **Stimmbänder** (Fig. 215, Kehlkopf von oben gesehen) ausgespannt. Zwischen ihnen liegt die **Stimmritze**. Die Stimmbänder geraten in Schwingungen, wenn die Luft aus den Lungen durch die Stimmritze beim Ausatmen hindurch getrieben wird. Durch verschiedene Muskeln, die am äußeren Umfang des Kehlkopfes angewachsen sind, kann derselbe mehr oder minder erweitert und somit die Spannung der

Fig. 213.

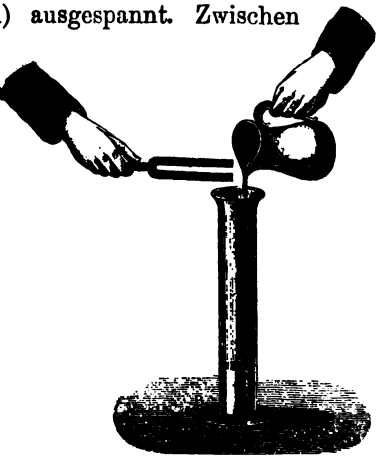


Fig. 213 a.

Stimmbänder verändert werden. Die **Stimmlage** hängt von der Länge der Stimmbänder, die **Tonhöhe** von ihrer Spannung ab.

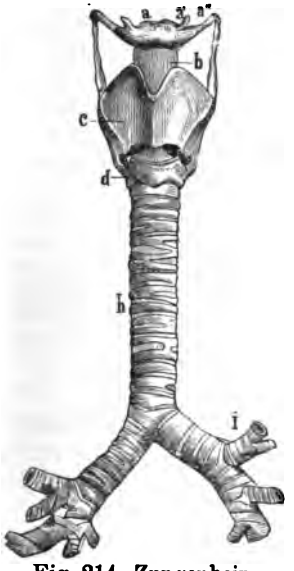


Fig. 214. Zungenbein, Kehlkopf und Luftröhre des Menschen von vorn.

a Zungenbein, *a'* kleine, *a''* große Hörner desselben, *b* Kehldeckel, Schildknorpel, *d* Ringknorpel. *h* Luftröhre, *i* Bronchien.

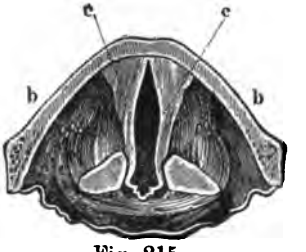


Fig. 215.

Die menschliche Stimme umfaßt ungefähr 2 Oktaven. — Die in der Mundhöhle eingeschlossene Luft schwingt mit und bedingt den Vokalklang. Gestalt und Größe der Mundhöhle ändern sich bei jedem Vokal. — Bei zu starkem Singen können die Stimmbänder verletzt werden. Die Stimmbänder der Frauen haben durchschnittlich eine Länge von 12 *mm*, die der Männer eine solche von 18 *mm*. Was erklärt sich daraus?

§ 61. Der Phonograph.

Edison kam zuerst auf den Gedanken, einen Apparat herzustellen, der Töne, gesprochene Worte niederschreiben konnte, um sie dauernd festzuhalten und hörbar wiederzugeben.

Der Phonograph (Tonschreiber) besteht aus einer Walze, die mit einer wachsartigen Masse überzogen ist und durch eine Achse nebst Kurbel in Bewegung gesetzt werden kann. Da die Achse mit einem Schraubengewinde versehen ist, wird die Walze beim Drehen auch seitlich verschoben. Ein Fuß trägt einen kleinen Schallbecher, der mit einer elastischen Platte verschlossen ist. In der Mitte dieser Platte ist ein Stift befestigt, der die Walze berührt.

Fig. 216.

Gelangen Schallwellen in den Schallbecher, so gerät die Platte in Schwingungen, die sich dem Stifte mitteilen. Wird nun die Walze gedreht, so zeichnet der Stift auf deren Oberfläche eine Spirallinie, die aus kleinen Eindrücken besteht. Will man das, was der Phonograph aufgezeichnet hat, wieder hören, so bringt man die Walze in ihre erste Lage und den Stift in den ersten Eindruck. Wird nun die Walze ebenso schnell gedreht wie das erste Mal, so springt der Stift in die einzelnen Eindrücke, gerät dabei in auf- und abgehende Schwingungen, welche sich der Platte mitteilen und somit genau die gesprochenen Worte wiedergeben.

Die Fig. 216 zeigt eine Einrichtung, die mehreren Personen ermöglicht, zu gleicher Zeit die Schallwellen zu vernehmen. Jede Person braucht zu diesem Zwecke nur eine der Röhren an ihr Ohr zu halten. — Der interessante Apparat hat vorläufig noch keine praktisch wichtige Anwendung erfahren. In Verbindung mit dem Telephon (Telephonograph) wird es vielleicht gelingen, ihn dem Fernsprechverkehr dienstbar zu machen.

§ 62. Das Telephon.

a) Die Telegraphie genügte bald nicht mehr den Anforderungen des gegen Ende des 19. Jahrhunderts sich immer mehr und mehr steigernden Industrie-, Handels- und Verkehrswesens. Der Gedanke kam auf, ob es nicht möglich wäre, sich gegenseitig auf beliebige Entfernung **mündlich** zu verständigen. Durch die Erfindung des **Telephons** wurde diese Frage gelöst. — Eine Telephon- oder Fernsprechanlage besteht aus drei Hauptteilen: Dem Telephon, dem Mikrophon und der Batterie.

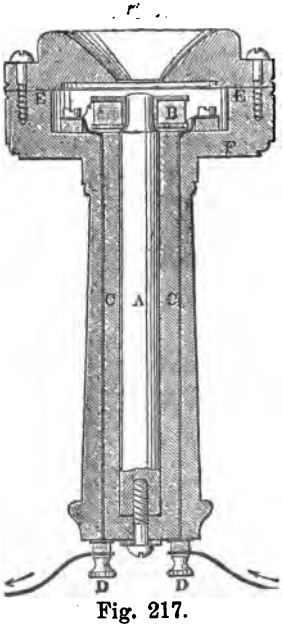


Fig. 217.

Das **Telephon.** (Fig. 217.) In einer Hülse aus Holz oder Hartgummi mit Schallbecher liegt ein Magnetstab *A*. Der eine Pol ist von einer kleinen Spule *B* umgeben, auf welcher ein feiner, isolierter Kupferdraht aufgewickelt ist. Die beiden Enden dieses Drahtes endigen in den Klemmschrauben *D D*. Dicht vor dem Pol des Magnetstabes ist eine kreisrunde, dünne Stahlplatte *E* an ihrem Rande so befestigt, daß sie leicht in Schwingungen geraten kann, ohne dabei den Pol zu berühren.

Das **Mikrophon** (Fig. 218) besteht in seiner

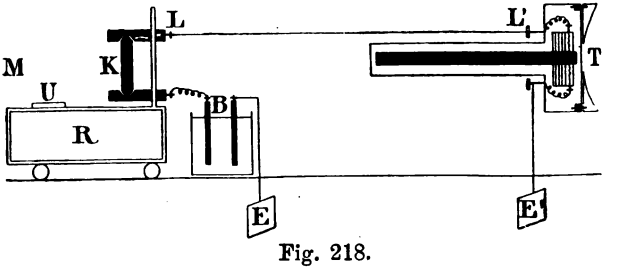


Fig. 218.

einfachsten Gestalt aus einem auf zwei Gummirollen ruhenden Resonanzboden *R* und einer senkrecht darauf stehenden Holzplatte, welche zwei

Kohlenklötzchen L trägt. Ein an beiden Enden zugespitzter Kohlenstift K ruht ganz lose in den beiden schüsselförmigen Aushöhlungen der Kohlenklötzchen.

Fig. 218 zeigt, wie die drei Hauptteile miteinander verbunden sind. B ist die Batterie, EE' die Bodenplatte, LL' der Leitungsdraht.

b) **Vorgang.** Zur Erklärung nehmen wir an, jemand singe in der Nähe des Mikrophons den Ton ā, der bekanntlich die Schwingungszahl 435 besitzt. In einer Sekunde treffen also 435 Schallwellen den Resonanzboden und versetzen ihn in Schwingung, und 435mal in einer Sekunde wird der Stift K erschüttert, so daß die Verbindung zwischen ihm und den Kohlenklötzchen verändert wird und er 435 kleine Stöße ausführt. Der Batteriestrom geht von B durch das untere Kohlenklötzchen, den Stift, das obere Klötzchen, den Leitungsdraht und umkreist den Pol des Magnetstabes T. 435mal in 1 Sekunde wird der Strom geschlossen und geöffnet, da die Innigkeit der Berührung zwischen K und L durch die kleinen Stöße des Stiftes gestört wird. Der Strom verstärkt den Magnetismus in T, und der Pol zieht die Stahlplatte an; wird aber der Strom geöffnet, so hat der Magnetismus in T wieder seine ursprüngliche Kraft, und die Stahlplatte schnellt vermöge ihrer Elastizität wieder zurück. Sie führt also in 1 Sekunde ebenfalls 435 Schwingungen aus; diese werden durch die Luft dem Ohr zugeleitet, und man hört den Ton ā.

Der Vorgang ist also zunächst ein akustischer, dann ein elektrischer, dann ein magnetischer und schließlich wieder ein akustischer. Die Schallwellen, die R treffen, werden durch K in Stromstöße, diese in eine Zu- und Abnahme des Magnetismus, diese in Schwingungen der Stahlplatte und diese endlich wieder in Schallwellen umgesetzt.

c) **Geschichtliches.** Der Lehrer Ph. Reis aus Friedrichsdorf bei Frankfurt a. M. war der erste, der auf den Gedanken kam, die menschliche Stimme auf elektrischem Wege in die Ferne zu leiten (1860). Zu allgemeiner Einführung konnte dieser Apparat erst gelangen, nachdem er durch den Amerikaner Graham Bell aus Boston wesentlich vereinfacht und verbessert worden war (1877). Die heutige Form hat ihm Siemens gegeben. Das Mikrophon wurde von Hughes erfunden, und erst die Empfindlichkeit dieses Apparates (man hört im Telephon den Schritt einer auf dem Mikrophon herumlaufenden Fliege) ermöglichte die Telephonie auf weite Entfernungen (Berlin—Wien, Berlin—Paris). Der Generalpostmeister Deutschlands, Stephan, erkannte zuerst die hohe Bedeutung der Telephonie für den öffentlichen Verkehr und ist der Begründer der Fernsprechanlagen in Europa geworden.

d) Es ist leicht zu begreifen, daß die vielen Besitzer von Telephonen in einer Stadt nicht unmittelbar leitende Verbindungen untereinander haben können. Wären in einer Stadt nur 30 Telephonbesitzer, so müßten schon 435 Leitungen vorhanden sein, damit jeder mit jedem sprechen könnte. — Die Einrichtung in den Städten ist folgende: Von jedem Telephonbesitzer (Abonnent) geht nur ein Draht zu einer Zentralstelle (Postgebäude); hier werden auf Wunsch zwei Abonnenten in Verbindung gebracht. In dem Telephonamt steht ein Schrank (oder ein Tisch), der ebensoviel Meldeapparate (Fig. 75) enthält, als Abonnenten da sind; jeder Teilnehmer hat eine bestimmte Nummer. Will nun A in Verbindung mit B, Nr. 58, treten, so drückt er an seinem Fernsprechapparat auf einen Knopf, schließt dadurch einen Strom, und seine Nummer wird durch den Meldeapparat im Amt angezeigt. Unter dem Kästchen mit seiner Nummer ist eine runde Öffnung, hinter welcher der Leitungsdraht in einer leicht beweglichen Klinke endigt. Schiebt nun der Beamte in diese Öffnung einen zylindrischen Messingknopf, der am Ende der Leitungsschnur seines Telephons angebracht ist, so tritt er in Verbindung mit A und erfährt von ihm, mit wem er zu sprechen wünscht. Nun nimmt der Beamte eine Leitungsschnur,

die an beiden Enden zylindrische Messingknöpfe trägt und steckt den einen in die Öffnung unter dem Meldekästchen des *A* und den andern in die unter dem Kästchen des *B*. Diese Messingknöpfe heben die Klinken und stellen mit Hilfe der Leitungsschnur eine leitende Verbindung zwischen *A* und *B* her, die jetzt miteinander telephonisch verkehren können. Nach einer festgesetzten Zeit löst der Beamte die Verbindung.

VI. Das Licht.

§ 63. Die Sonne als Lichtquelle.

a) Der Mond und die Sterne vermögen die Erde nur schwach zu beleuchten. **Die Sonne ist die Hauptlichtquelle.** Ihre Leuchtkraft nimmt zu, je mehr sie sich über den Horizont erhebt. Um Mittag ist es am hellsten, denn die Sonne hat ihren höchsten Stand am Himmelsgewölbe erreicht; wir können alsdann alle Gegenstände um uns her deutlich erkennen.

Wenn die Sonne am Nachmittag langsam nach Westen wandert, so nimmt ihre Leuchtkraft allmählich ab, und ist sie unter den Horizont gesunken, so folgt auf eine kurze Dämmerung die Nacht. **Die Lichtstärke nimmt um so mehr ab, je schräger die Strahlen auffallen.**

b) Die Sonne ist ein Körper in feurig-flüssigem Zustande. Sie ist von einer glühenden Gashülle, der **Photosphäre**, umgeben, welche uns Licht und Wärme spendet. Wir verdanken ihr den Wechsel von Tag und Nacht, von Sommer und Winter. Ihre Wärme lockt im Frühling die Keime aus der Erde und öffnet die Knospen. Unter dem Einfluß ihres Lichtes entsteht das Blattgrün, ohne welches die Pflanzen nicht leben können. Die Steinkohlen sind pflanzlichen Ursprunges; heizen wir damit die Dampfkessel, so ist es Sonnenwärme, vor Jahrmillionen in der Pflanzenwelt der Steinkohlenzeit aufgespeichert, welche unsere heutigen Dampfmaschinen treibt.

§ 64. Die Ausbreitung des Lichtes.

a) Das Licht breitet sich in geraden Linien (Strahlen) nach allen Richtungen aus (§ 5).

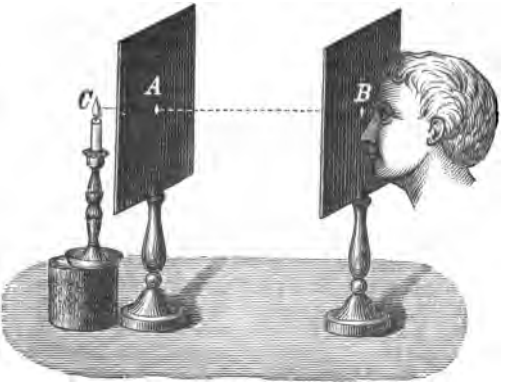


Fig. 219.

Zur Beleuchtung dunkler Räume verwendet der Mensch künstliche Lichtquellen. — Gib die wichtigsten an! — Kein künstlich erzeugtes Licht erreicht aber die Stärke des Sonnenlichtes. Die Strahlen, die von einer Lampen- oder Kerzenflamme ausgehen, pflanzen sich auch geradlinig fort. Zum Beweis stellt man vor eine Kerzenflamme zwei Papierschirme mit kleinen Öffnungen *A* und *B*. Man sieht die Flamme *C* nur, wenn sie mit den beiden Öffnungen in einer geraden Linie liegt. (Fig. 219.)

b) Die Körper, auf welche die Lichtstrahlen fallen, lassen dieselben

entweder ungehindert durch **(durchsichtige Körper)**, oder sie lassen sie gar nicht durch **(undurchsichtige Körper)**. Gewisse Körper lassen die Lichtstrahlen nur zum Teil durch, die Lichtstärke wird beim Durchgang erheblich geschwächt **(durchscheinende Körper)**.

Durchsichtige Körper: Glas, Wasser, Luft, Glimmer. — Durchscheinende Körper: Mattes Glas, Milchglas, weiß angestrichenes Glas, dünne Hornplatten, geöltes Papier, Porzellan. — Gib Anwendungen an! In dünnen Platten sind selbst Metalle durchscheinend (Blattgold zwischen zwei Glasscheiben).

c) Hinter jedem undurchsichtigen Körper entsteht ein **Schatten.** (Fig. 220.) Der Teil des Schattenraumes, in den kein Lichtstrahl dringen kann, heißt **Kernschatten.** Er ist gleichmäßig dunkel; das Auge kann, so lange es im Kernschatten ist, die Lichtquelle nicht sehen. Jenseits der Grenze des Kernschattens nimmt das Auge einen kleinen Teil der Lichtquelle wahr; wenige Strahlen gelangen in den Raum, der um so heller wird, je mehr man sich von dem Kernschatten entfernt. Dieser Raum heißt **Halbschatten;** er geht allmählich in den voll beleuchteten Raum über.

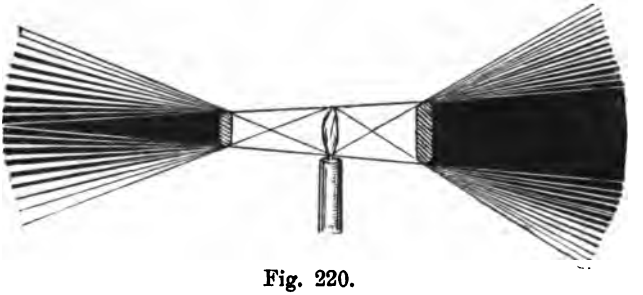


Fig. 220.

Hänge eine Kugel so auf, daß sie von der Sonne voll beschienen wird und halte ein Papierblatt dahinter! Bestimme den Durchschnitt des Kernschattens, des Halbschattens, beider Schatten! Laß das Sonnenlicht auf eine kreisrunde Scheibe fallen und fange den Schatten auf einem Schirm auf! Welche Gestalt hat das Schattenbild, wenn die Strahlen 1. senkrecht auf die Kreisfläche, 2. schief auf diese Fläche, 3. auf die Kante fallen?

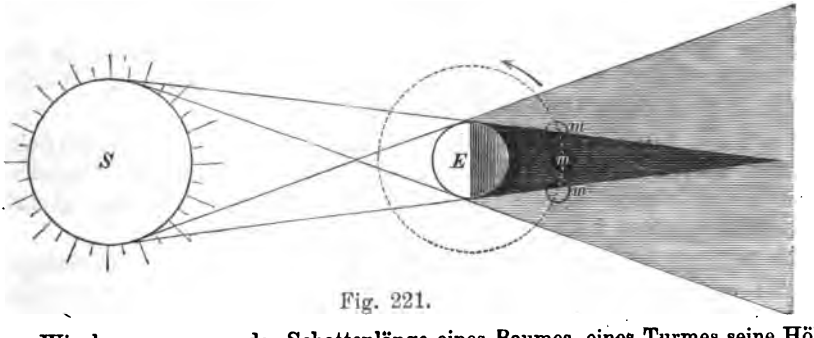


Fig. 221.

Wie kann man aus der Schattenlänge eines Baumes, eines Turmes seine Höhe berechnen?

Erkläre nach Fig. 221 die **Mondfinsternis!** Welche Stellung muß der Mond einnehmen, damit eine **Sonnenfinsternis** entstehe? — Ist die Bezeichnung Sonnenfinsternis richtig?

d) Das von irgend einer Lichtquelle ausgestrahlte Licht geht durch den Raum und gelangt in unser Auge. Zum Zurücklegen dieses Weges ist Zeit erforderlich. Im Gegensatz zum Schalle pflanzt sich das Licht

so ungeheuer rasch fort, daß man nirgends auf der Erde sich weit genug von einer Lichtquelle aufstellen kann, um diese Zeit unmittelbar zu messen. Genaue Untersuchungen mit Hülfe sinnreich gebauter Apparate haben zu dem Ergebnis geführt: **Die Geschwindigkeit des Lichtes beträgt in einer Sekunde 300.000 Kilometer.**

Das Sonnenlicht braucht ungefähr 8 Minuten, um die Erde zu erreichen. Würde der nächste Fixstern plötzlich erlöschen, so würden wir ihn doch noch ungefähr 4 Jahre lang sehen.

§ 65. Die Zurückwerfung des Lichtes.

a) Steht man am Ufer einer ruhigen Wasserfläche, so sieht man die am gegenüberliegenden Ufer stehenden Bäume oder Sträucher im Wasser.

In einem Spiegel oder glatt geschliffenen Metallgegenstand sieht man sein eigenes Bild.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen läßt man in ein dunkles Zimmer ein Bündel Sonnenstrahlen so einfallen, daß es die Platte eines Tisches trifft. Auf der Tischplatte sieht man einen hellen Fleck. Legt man nun an diese Stelle einen Spiegel, so erscheint der helle Fleck an der der Öffnung gegenüber liegenden Wand. Das Strahlenbündel ist vom Spiegel zurückgeworfen worden; seinen Weg zeigen die hell erleuchteten Staubteilchen in der Luft an.

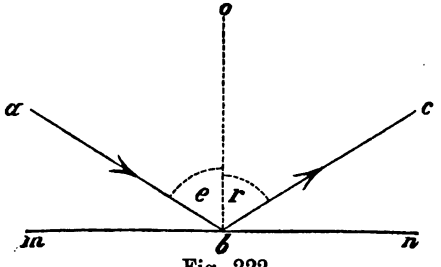


Fig. 222.

In Fig. 222 bezeichnet *a* den einfallenden, *c* den ausfallenden Strahl. Errichtet man ein Lot in *b*, so erkennt man leicht, daß Winkel e = Winkel r ist und daß *ab*, *ob* und *bc* in einer Ebene liegen.

Jeder Körper, der an seiner Oberfläche einen Lichtstrahl in der angegebenen Weise zurückwirft (reflektiert), heißt **Spiegel.** Welche Eigenschaft muß diese Oberfläche haben?

Fällt ein Lichtstrahl auf einen Spiegel, so wird er so zurückgeworfen, daß 1. Einfallsstrahl und Ausfallsstrahl mit dem Einfallslote in einer Ebene liegen, und daß 2. der Ausfallswinkel gleich dem Einfallswinkel ist.

b) Bestreut man den beim vorigen Versuch gebrauchten Spiegel mit Sand oder Staub, so wird das Strahlenbündel nicht mehr zurückgeworfen; die ganze Spiegelfläche wird aber sichtbar.

Nur die selbstleuchtenden Körper sind unmittelbar sichtbar. Die kleinen Unebenheiten an der Oberfläche der anderen Körper wirken wie kleine Spiegel; sie werfen die auf sie fallenden Lichtstrahlen nach allen Seiten zurück, und dadurch erst werden die nichtleuchtenden Körper sichtbar. — Mond, Planeten.

In der Luft findet auch eine solche Zurückwerfung **(Reflexion)** des Lichtes statt. Wenn die Sonne untergegangen ist, ihre Lichtstrahlen also die uns umgebende

Landschaft nicht mehr unmittelbar treffen und erhellen können, so werden doch noch die höheren Luftschichten beleuchtet. Die darin schwebenden Staubteilchen und Wolken werfen nun das Licht zurück auf die Erde, und deswegen tritt die Nacht mit dem Verschwinden der Sonne nicht plötzlich ein. Man nennt diese Erscheinung die **Dämmerung** (Morgen- und Abenddämmerung). — Warum herrscht im Schatten eines Hauses, eines Baumes nicht völlige Finsternis? — Gelangt der zurückgeworfene Lichtstrahl ins Auge, so sieht man den Gegenstand, von dem das Licht ausgeht, stets in der **geradlinigen Verlängerung dieses Strahles.** Elastische Körper werden von einer Wand, gegen die sie geschleudert werden, nach dem oben angegebenen Reflexionsgesetz zurückgeworfen. — Reflexion des Schalles (§ 59).

§ 66. Der ebene Spiegel.

a) Die überall in den Haushaltungen gebrauchten Spiegel bestehen aus einer vollkommen ebenen Glasplatte, welche durch einen Metallbelag undurchsichtig gemacht worden ist.

Wie die Erfahrung lehrt, entsteht von jedem vor dem Spiegel stehenden Körper ein Bild hinter dem Spiegel, welches genau dieselbe Größe und Lage wie der Körper selbst hat.

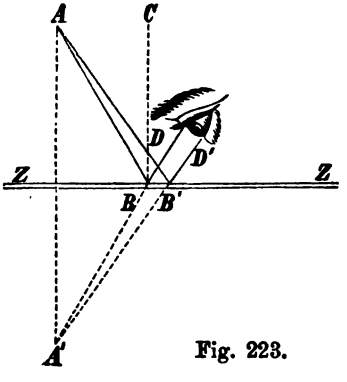


Fig. 223.

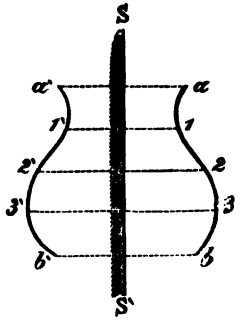


Fig. 224.

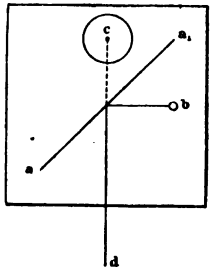


Fig. 225.

In Fig. 223 stellt ZZ den ebenen Spiegel und A einen leuchtenden Punkt dar. Von A fallen zwei beliebig gewählte Strahlen AB und AB' auf den Spiegel. Zeichnet man nun die dazu gehörigen Ausfallstrahlen, welche ins Auge gelangen, und verlängert man sie, so schneiden sie sich in A'. Durch Messung ergibt sich, daß A und A' gleich weit vom Spiegel entfernt sind.

Wie ist in Fig. 224 das Spiegelbild a' b' gefunden worden? — Wie prüft man die Dicke einer Spiegelplatte? — Welchen Winkel muß ein Spiegel mit dem Boden bilden, damit eine davor stehende Person ihr Bild wagerecht im Spiegel sieht? — Stelle in der Nähe des Fensters ein aufgeschlagenes Buch so auf, daß der Rücken des Buches dem Fenster zugekehrt ist. Mit einem weißen Papierblatt oder mit der Handfläche kann man nun das Tageslicht so auf das Buch fallen lassen, daß die Schrift deutlich zu lesen ist. — Um mehr Licht in ungenügend beleuchtete Räume zu senden, bringt man vor dem Fenster einen Spiegel an; unter welchem Winkel zur Vertikalen? — Durchsichtige Glasplatten spiegeln, wenn das Licht schräg auffällt. Versuche mit Hülfe einer solchen Platte eine brennende Kerze in einem mit Wasser gefüllten Gefäße erscheinen zu lassen! aa ist der Spiegel, in c steht das Gefäß, in b die brennende Kerze; d bezeichnet die Lage des Auges. (Fig. 225.) — Da bei einem Glasspiegel sowohl die vordere als auch die hintere Fläche die Lichtstrahlen zurückwirft, so kann man, wenn die Strahlen recht schief auffallen, mehrere

Bilder wahrnehmen. (Fig. 226.) Die besten Spiegel sind demnach die Metallspiegel. — Spiegelschrift.

b) Stellt man wie in Fig. 227 zwei ebene Spiegel unter einem

Fig. 226.

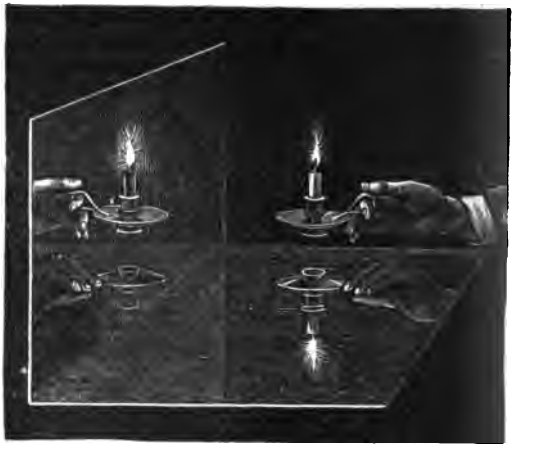


Fig. 227.

Winkel von 90^0 zusammen, so entstehen von dem Gegenstand drei Bilder. Je kleiner der Winkel wird, desto mehr Bilder erhält man.

Anwendung der **Winkelspiegel** in den sogenannten „Irrgärten“ und im **Kaleidoskop** (Schönseher): In einer Röhre stehen gewöhnlich drei Spiegel unter Winkeln von 60^0 zusammengeneigt. Zwischen ihnen liegende bunte Glasstäbchen ordnen sich zu den schönsten Rosettenfiguren, welche als Muster Verwendung finden.

Stehen zwei Spiegel parallel einander gegenüber, so entstehen von einem zwischen den beiden Spiegeln befindlichen Gegenstand unendlich viele Bilder.

Anwendung in Schaufenstern.

c) In alter Zeit dienten schön polierte Metallplatten, besonders solche aus Silber, als Spiegel. Ihre Benutzung wurde aber oft durch den Umstand gestört, daß diese Metallflächen leicht rosteten und kein Licht mehr zurückwarfen. In Venedig entstand zuerst die Kunst, Glasspiegel mit Bleibelag herzustellen; aber erst in der Mitte des 17. Jahrhunderts erfand man die gegossenen Spiegel. Die flüssige Glasmasse wird auf einen eisernen Tisch gegossen und durch Walzen möglichst gleichmäßig ausgebreitet. Nach dem Erstarren wird die Platte mit feinem Sand, dann mit sehr feinem Schmirgel poliert, bis sie vollständig durchsichtig geworden ist. Auf einem zweiten Tisch wird ein Stanniolblatt ausgebreitet, auf welchem Quecksilber zerrieben wird. Das so entstandene Zinnamalgam ist weich und klebrig, und vermöge der Adhäsion haftet es von selbst an der darauf gelegten Spiegelplatte. — Gute Spiegel werden versilbert. — Die Spiegelfabriken, welche auch die großen Glasplatten für Schaufenster herstellen, können heutzutage 10—12 *m* hohe, prachtvolle Spiegel fabrizieren, die zur Ausschmückung von Prunkräumen dienen (Spiegelgalerie zu Versailles, zu Herrenchiemsee).

§ 67. Gewölbte Spiegel.

a) Die gewölbte Oberfläche glänzender Silber- oder Kupfergefäße spiegelt, und zwar sind die Bilder bald verkleinert, bald vergrößert, manchmal auch verzerrt.

Sollen die Bilder nur verkleinert oder vergrößert, aber nicht verzerrt erscheinen, so muß die spiegelnde Fläche ein Teil einer Kugelfläche sein. Ein solcher Spiegel heißt **Hohl-** oder **Konkavspiegel,** wenn die innere Fläche, **erhabener** oder **Konvexspiegel,** wenn die äußere Fläche spiegelt. Die Verbindungslinie des Mittelpunktes des Spiegels mit dem Mittelpunkt der Kugel, von der der Spiegel ein Abschnitt ist (Fig. 228 *C O*), ist die **Achse** des Spiegels.

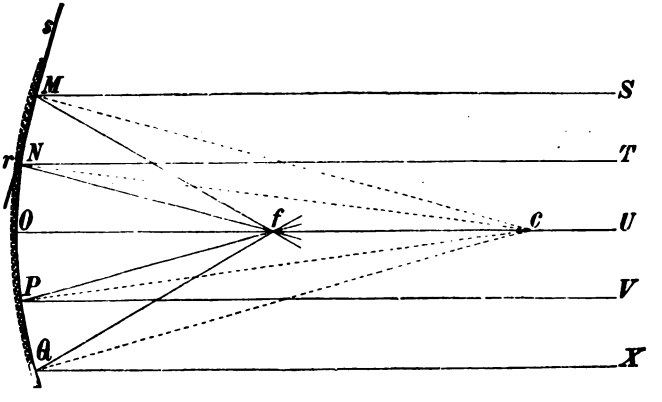


Fig. 228.

b) I. Läßt man die Sonnenstrahlen parallel zur Achse auf den Hohlspiegel fallen, so werden sie so zurückgeworfen, daß alle sich in einem Punkte, dem **Brennpunkte,** vereinigen. Auf einem Schirm erscheint der Brennpunkt als eine kleine, sehr grell beleuchtete Fläche: es ist ein **verkleinertes Bild der Sonne.** — Hält man leicht entzündliche Gegenstände in den Brennpunkt, so tritt Verkohlung oder Aufflammen ein. Man nennt deswegen auch den Hohlspiegel oft **Brennspiegel.** (Fig. 228.) Der Brennpunkt liegt bei guten Hohlspiegeln, d. h. bei solchen, die einen sehr kleinen Öffnungswinkel *M C Q* haben, in der Mitte zwischen *O* und *C*.

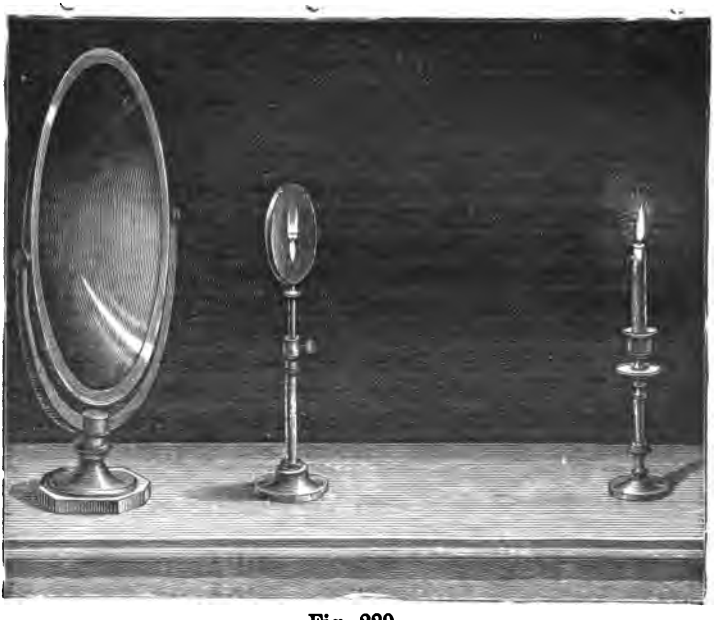


Fig. 229.

II. Stellt man in ziemlicher Entfernung vom Hohlspiegel eine brennende

Kerze auf und zwischen Licht und Spiegel einen kleinen Schirm, so erscheint auf demselben ein **umgekehrtes, verkleinertes Bild** der Flamme. (Fig. 229.) Auf dieselbe Weise erhält man auch das farbige Bild einer Landschaft, das scharf gezeichnete Bild einer gut beleuchteten Person.

III. Nähert man die Kerze dem Spiegel, so muß man, um ein deutliches Bild zu erhalten, den Schirm immer mehr von dem Spiegel entfernen. Dabei macht man die Wahrnehmung, daß das Bild **größer** wird. Stehen Kerze und Schirm in **gleicher Entfernung** vom Spiegel,

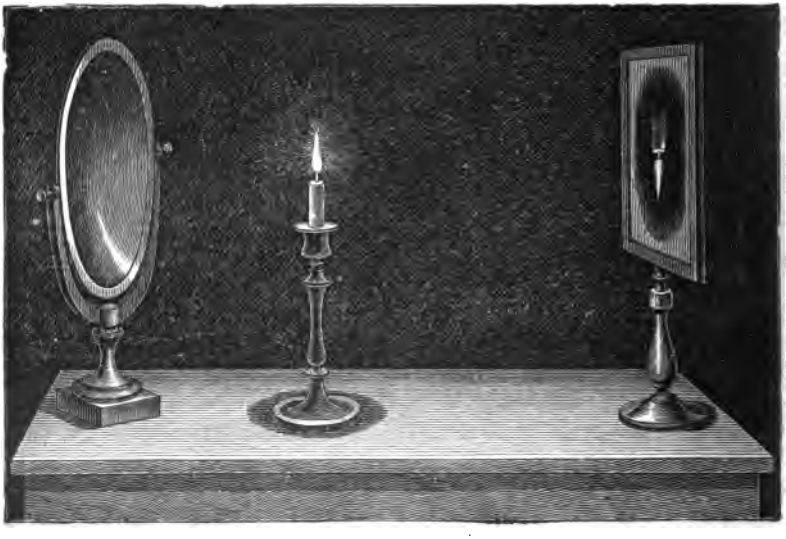


Fig. 230.

so haben auch Gegenstand und Bild **gleiche Größe.** Nähert sich der Gegenstand noch mehr dem Spiegel, so erhält man ein **vergrößertes, umgekehrtes Bild.** (Fig. 230.)

IV. Steht die Kerzenflamme im Brennpunkt, so erscheint auf dem Schirm ein kreisrunder, beleuchteter Fleck von der Größe des Spiegels. Ist die Luft mit Staub oder Nebel erfüllt und ist die Lichtquelle stark, so bemerkt man ein **zylinderförmiges Lichtbündel,** welches vom Spiegel aus in den dunkeln Raum tritt. — **Beleuchtungsspiegel.** (Fig. 228.)

V. Wird die Kerze ganz nahe vor dem Spiegel aufgestellt, so erscheint auf dem Schirm ein schwach beleuchteter Kreis, der größer ist als der Spiegel. Blickt man auf den Spiegel, so sieht man hinter demselben ein **vergrößertes, aufrechtes Kerzenbild.** In diesem Falle heißt der Hohlspiegel wohl auch **Vergrößerungsspiegel.** (Fig. 231.)

VI. Zur Verzierung von Gartenanlagen stellt man oft große, inwendig versilberte Glaskugeln auf. Es sind Konvexspiegel. In denselben sieht man **aufrechte, verkleinerte Bilder** hinter der spiegelnden Fläche.

c) Gewölbte Spiegel zeigen zweierlei Bilder:

1. Solche, die im Raum entstehen und auf einem Schirme aufgefangen werden können; man nennt sie **wirkliche** oder **reelle Bilder**;

2. solche, die nicht im Raume entstehen, sondern hinter dem Spiegel erscheinen und also nicht aufgefangen werden können. Da der Spiegel undurchsichtig ist, können keine Strahlen hindurchdringen. Das Bild entsteht durch Zurückwerfung der Strahlen in unserm Auge; da wir aber den Gegenstand immer in der geradlinigen Fortsetzung der in das Auge dringenden Strahlen sehen, so versetzen wir ihn unwillkürlich hinter den Spiegel. Solche Bilder nennt man **virtuelle** oder **Scheinbilder.**

Fig. 231.

Soll der Hohlspiegel ein gutes Bild liefern, so darf er nicht zu groß und nur wenig gekrümmt sein. — Auf der Oberfläche der Milch in einer runden Tasse, in

Fig. 232.

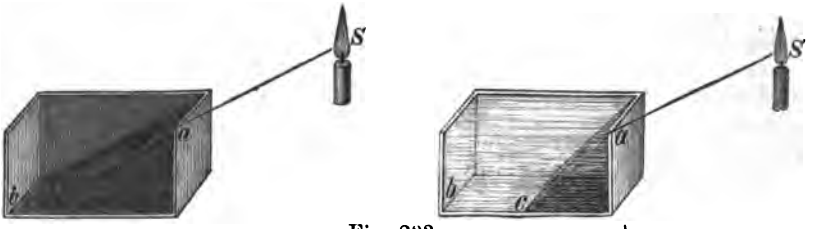
einem auf einem weißen Papierblatt liegenden goldenen Ring erscheint eine eigentümlich gebogene, beleuchtete Linie, welche durch die Zurückwerfung des Lichtes an der stark gewölbten Fläche der Tasse oder des Ringes entsteht; man nennt sie **Brennlinie.** (Fig. 232.)

d) Der Hohlspiegel findet hauptsächlich Verwendung als Beleuchtungsspiegel, um die allseitige Ausbreitung des Lichtes zu verhindern und so eine größere Helligkeit in einem beschränkten Raume zu erzielen: Lampenschirme; Reflektoren über oder hinter Straßen-, Wagen-, Fahrradlaternen; elektrische Scheinwerfer.

§ 68. Die Brechung des Lichtes.

a) Zieht man einen Strich auf einem Blatt Papier und legt man eine dicke Glastafel auf einen Teil des Striches, so kann man denselben deutlich wahrnehmen, denn die Lichtstrahlen gehen durch einen durchsichtigen Körper hindurch. Sie erleiden aber dennoch eine Veränderung, denn der bedeckte Teil des Striches erscheint, von der Seite betrachtet, verschoben. — Ein schräg in das Wasser getauchter Stab erscheint an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft gebrochen.

b) Zur näheren Untersuchung läßt man einen Lichtstrahl über den Rand eines Gefäßes auf dessen Boden fallen. Auf dem Boden entsteht ein Schatten,



a. Fig. 233. b.

dessen Grenze *b* genau zu merken ist. (Fig. 233.) Gießt man nun Wasser in das Gefäß, so weicht der Schatten zurück, so daß er nur noch bis *c* reicht. Entfernt man das Wasser, so hat der Schatten wieder seine frühere Ausdehnung. Der Strahl Sa erleidet also beim Eintritt in das Wasser eine Ablenkung von seiner ursprünglichen Richtung; er schlägt die Richtung ac ein.

1. Tritt ein Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Körper in einen andern von verschiedener Dichtigkeit, so wird er an der Grenzfläche gebrochen.

DE ist das Einfallslot, $\sphericalangle DBA$ ist der Einfallswinkel, $\sphericalangle EBC$ der Brechungswinkel. (Fig. 234.)

2. Beim Übergang des Lichtstrahles aus einem dünneren in einen dichteren Körper ist der Brechungswinkel kleiner als der Einfallswinkel, im entgegengesetzten Falle größer als dieser.

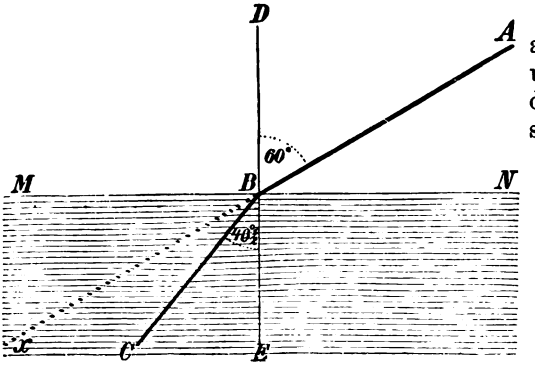


Fig. 234.

c) Man legt eine Münze auf den Boden einer Schüssel und tritt dann so weit zurück, daß die Münze nicht mehr zu sehen ist. Wird nun Wasser in

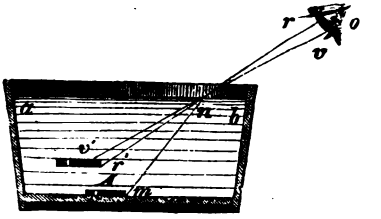


Fig. 235.

das Gefäß gegossen, so scheint der Boden desselben emporzusteigen, und die Münze wird wieder sichtbar. Erklärung des Vorganges nach Fig. 235. Der von *m* ausgehende Strahl *mn* wird gebrochen und gelangt nun in das Auge. Dieses erblickt die Münze in der geradlinigen Verlängerung des Strahles *vn*.

Lege einen Stab auf den Rand der Schüssel und ziele scharf auf die Münze! Bei raschem Zustoßen in der Zielrichtung wird die Münze nicht getroffen. Warum?

Gib mit Hülfe der Fig. 236 an, warum ein schief in das Wasser gestellter Stab gebrochen erscheint! — Stelle den Stab senkrecht in das Wasser: er erscheint nicht mehr gebrochen. — Betrachte durch die Glasplatte (Versuch *a*) den Strich auf dem Papierblatt senkrecht von oben: er weicht nicht mehr von der ursprünglichen Richtung ab.

3. Senkrecht auffallende Strahlen werden nicht gebrochen.

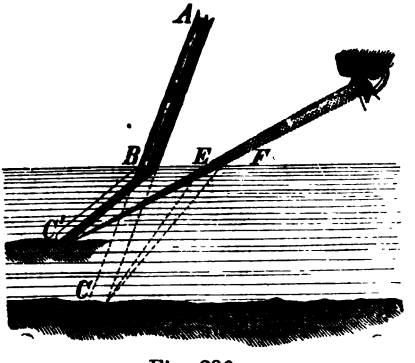


Fig. 236.

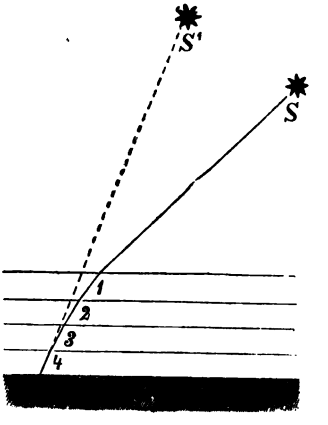


Fig. 237.

d) Warum wird die Tiefe eines klaren Baches immer unterschätzt? Beantworte diese Frage mit Hülfe der Fig. 236. — Wohin muß man zielen, wenn man einen Fisch im Wasser schießen will? — Da die Luftschichten von verschiedener Dichte sind, so werden die hindurchgehenden Lichtstrahlen ebenfalls gebrochen. Ein Gestirn sieht man nicht an seiner wahren Stelle, sondern etwas höher. (Fig. 237.) Es gelangen folglich noch Lichtstrahlen auf die uns umgebende Landschaft, wenn die Sonne schon unter dem Horizonte verschwunden ist. — Am Meeresufer kann man manchmal die gegenüberliegende Küste, welche infolge der Krümmung der Oberfläche unsichtbar sein müßte, doch sehen. Fig. 237 a gibt die Erklärung dieser Erscheinung (Fata morgana).

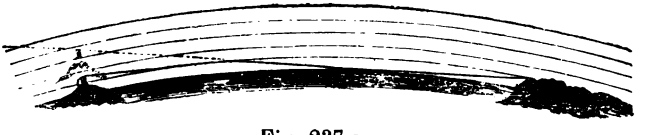


Fig. 237 a.

§ 69. Die Brechung des Lichtes durch Linsen.

a) Operngucker, Fernrohre, Mikroskope enthalten durchsichtige Glaskörper, welche von Kugelflächen begrenzt sind; sie werden **Linsen** genannt. Die Brillen sind ebenfalls mit einer Metall- oder Hartgummifassung versehene Linsen. Man unterscheidet erhabene oder **konvexe Linsen** (Fig. 238 a, b, c) und hohle oder **konkave**

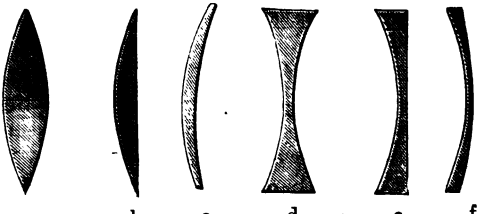


Fig. 238.

Linsen (Fig. 238 d, e, f). Bei den Linsen gibt es zwei Krümmungsmittelpunkte. Die gerade Linie, die diese beiden Mittelpunkte verbindet, geht auch durch den Mittelpunkt der Linse und heißt **optische Achse** der Linse.

b) Fallen Sonnenstrahlen parallel zur optischen Achse (**Parallelstrahlen**) auf eine Konvexlinse, so werden sie sowohl beim Eintritt in die Linse als auch beim Austritt gebrochen, da Luft und Glas verschiedene Dichtigkeit haben. Im verdunkelten Zimmer sieht man, wie das auffallende Lichtbündel hinter der Linse zu einem Lichtkegel wird, daß also die auffallenden Strahlen in einem Punkte sich vereinigen. (Fig. 239.) Auf einem Schirm erscheint in *f* ein stark verkleinertes, sehr grell leuchtendes Sonnenbildchen. Der Punkt *f* heißt Brennpunkt, weil die Wärmestrahlen, die sich in diesem Punkte vereinigen, eine große Wärme erzeugen.

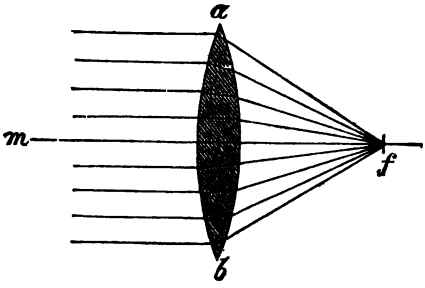


Fig. 239.

I. Parallelstrahlen werden in einer Konvexlinse so gebrochen, daß sie sich in einem Punkte, dem Brennpunkte, vereinigen.

Unter **Brennweite** der Linse versteht man die Entfernung des Brennpunktes vom Mittelpunkt der Linse. Untersuche Linsen mit verschiedener Wölbung! Die Brennweite ist desto kleiner, je stärker gewölbt die Linse ist.

Stellt man eine Kerzenflamme in den Brennpunkt einer Linse, so kann man im verdunkelten Zimmer folgende Wahrnehmung machen:

II. Strahlen, welche vom Brennpunkte einer Konvexlinse ausgehen, werden so gebrochen, daß sie als Parallelstrahlen austreten.

Eine Konvexlinse wird mit einer Blende bedeckt, welche in der Mitte eine kleine Öffnung hat. Ein durch diese Öffnung fallender Strahl geht durch den Mittelpunkt der Linse und weicht nicht von seiner ursprünglichen Richtung ab.

III. Strahlen, welche durch den Mittelpunkt einer Konvexlinse gehen, werden nicht gebrochen (Hauptstrahlen).

Bei Anwendung einer Konkavlinse findet man, daß auf einem hinter der Linse aufgestellten Schirm ein hellbeleuchteter Lichtkreis entsteht, der größer ist als die Linse. Es folgt daraus:

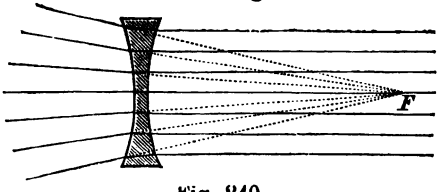


Fig. 240.

IV. Auf eine Konkavlinse fallende Parallelstrahlen werden bei der Brechung zerstreut. Die zerstreuten Strahlen treten so aus, als ob sie von *F*, dem gedachten Brennpunkte, kämen.

Brennglas, Sammellinse, Zerstreuungslinse.

c) Infolge der eigentümlichen Brechung der Strahlen durch die Linsen entstehen Bilder derjenigen Gegenstände, von denen die Strahlen ausgehen.

Gegenstand und Bild sind in den folgenden Figuren durch Pfeile angegeben. Um die Lage und Größe des Bildes zu finden, braucht man nur dessen Spitze und den Fuß zu bestimmen; dazu genügen je zwei Strahlen, die von der Spitze und dem Fuß des Gegenstandes ausgehen. Man wählt einen Hauptstrahl, der durch den Mittelpunkt der Linse ungebrochen hindurchgeht, und einen Parallelstrahl, der bei der Brechung durch den Brennpunkt geht. Zeichne zuerst die optische Achse! Zur Ausführung der Versuche im dunkeln Zimmer dient am besten eine Kerzenflamme.

Linsenbildergesetze:

I. Von einem Gegenstand außerhalb der doppelten Brennweite entsteht hinter der Konvexlinse ein reelles, umgekehrtes, verkleinertes Bild. (Fig. 241.)

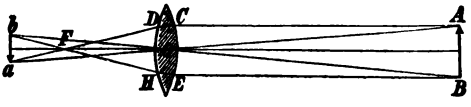


Fig. 241.

II. Von einem Gegenstand in der doppelten Brennweite entsteht hinter der Konvexlinse ein reelles, umgekehrtes, gleich großes Bild.

III. Von einem Gegenstand innerhalb der doppelten, aber außerhalb der einfachen Brennweite entsteht hinter der Linse ein reelles, umgekehrtes, vergrößertes Bild. (Fig. 242.)

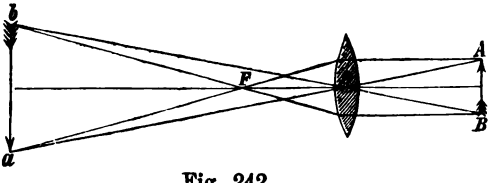


Fig. 242.

IV. Von einem Gegenstand im Brennpunkt entsteht kein Bild.

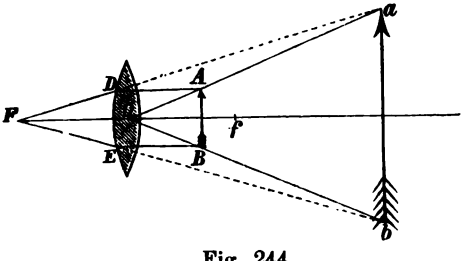


Fig. 244.

V. Von einem Gegenstand innerhalb der einfachen Brennweite entsteht hinter der Konvexlinse kein Bild; vor der Linse aber entsteht ein virtuelles, aufrechtes, vergrößertes Bild. (Fig. 243.)

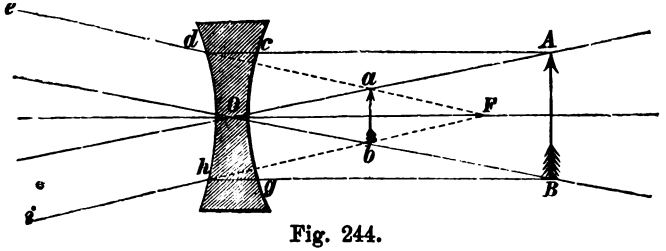


Fig. 244.

VI. Von einem Gegenstand vor einer Konkavlinse entsteht vor derselben ein virtuelles, aufrechtes, verkleinertes Bild. (Fig. 244.)

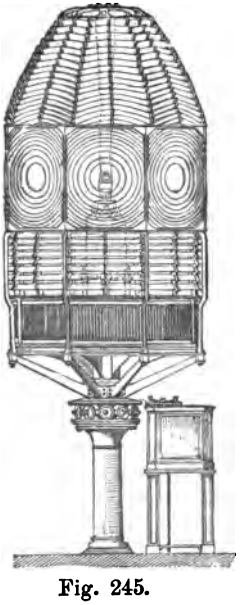


Fig. 245.

In welchem Falle kann die Konvexlinse als Brennglas, als Vergrößerungsglas dienen? — Welche Linse erzeugt nur virtuelle Bilder? — Nur mit welcher Linse

erhält man vergrößerte Bilder? — In wieviel Fällen? — Welche Linse erzeugt nur verkleinerte Bilder? — Die Lupe ist eine als Vergrößerungsglas dienende Konvexlinse. Die Konvexlinse dient auch als Beleuchtungslinse. In welchem Falle? Anwendung auf Leuchttürmen. (Fig. 245.) — Fülle eine Kochflasche mit Wasser und beobachte die Linsenbilder! — Goldschmiede, Schuster hängen vor der Arbeitslampe eine mit Wasser gefüllte Glaskugel auf. — In den Fensterscheiben sind oft Blasen, welche als Linsen wirken.

§ 70. Die Dunkelkammer.

Die durch eine Konvexlinse erzeugten reellen Bilder können dauernd erhalten werden, wenn man sie auf einem lichtempfindlichen Schirm entstehen läßt. Ein solches Lichtbild heißt **Photographie**; die Kunst, dieselben herzustellen, trägt denselben Namen (siehe § 102).

Um scharfe Bilder zu erhalten, benutzt der Photograph eine **Dunkelkammer.** Viereckiger, ausziehbarer Holzkasten. Hintere Wand: eine mattgeschliffene Glasplatte *G*, die herausgenommen werden kann. Im Rohr *A* eine Konvexlinse, bedeckt durch Kappe *B*. Das Ganze steht auf einem beweglichen Gestell. Die Dunkelkammer hat inwendig geschwärzte Wände, damit die durch die Linse eindringenden Lichtstrahlen von den Wänden nicht zurückgeworfen werden und somit das Innere der Kammer nicht erleuchten. Das Bild entsteht auf der Glasplatte und kann hier in bezug auf Schärfe und Größe beurteilt werden.

Fig. 246.

Da die Entfernung des Bildes von der Linse abhängig ist von der Entfernung des Gegenstandes von der Linse, kann diese vermittelst der Schraube *V* vor- oder rückwärts geschoben werden, bis auf der Glasplatte ein scharfes Bild entsteht. Um nur so viel Licht eintreten zu lassen als nötig ist, um ein scharfes Bild zu erhalten, schiebt der Photograph Blenden, das sind Blechplatten mit kreisrunder Öffnung in der Mitte, vor die Linse. Bei trübem Wetter wird eine Blende mit großer Öffnung angewandt. Warum?

Über Ersetzung der Glasplatte durch eine lichtempfindliche Platte und Hervorrufung des Lichtbildes siehe § 102.

§ 71. Das Auge.

a) **Beschreibung.** Das Auge hat eine kugelige Form, daher die Bezeichnung Augapfel. Es liegt in einer mit Fett ausgepolsterten Höhle (Augenhöhle). Das Stirnbein, das Nasenbein und das Jochbein schützen es gegen Schläge und Stöße von oben, von der Seite und von unten. Die **Augenbrauen** leiten den von oben herabrinnenden Schweiß ab. Die **Augenlider,** welche als bewegliche Läden das Auge verschließen, tragen am Rande die **Wimpern,** welche beim Schließen der Lider ineinander greifen und so einen lichtdichten Verschluß bewirken. Der

Augapfel wird von zwei Häuten umschlossen. Die erste ist die undurchsichtige, lederartige, **weiße Haut** *w*; vorn ist sie stärker gewölbt, vollständig durchsichtig und trägt den Namen **Hornhaut** *h*. Unter ihr liegt die schwarze, gefäßreiche **Aderhaut** *g*. Hinter der Hornhaut, welcher sie nicht dicht anliegt, wird sie farbig und heißt **Regenbogenhaut** oder **Iris** *i*. Da die Regenbogenhaut undurchsichtig ist, so hat sie in der Mitte eine runde Öffnung, die **Pupille** *p*, durch welche die Lichtstrahlen eindringen. Die Regenbogenhaut teilt das Auge in zwei Kammern. Die **vordere Augenkammer** *a* ist mit der durchsichtigen, **wässerigen Feuchtigkeit** erfüllt, in der zweiten liegen die **Linse** *l*, eine durchsichtige Konvexlinse, und eine gallertartige Masse, der **Glaskörper** *gl*. Von hinten tritt der Sehnerv *e* in die **hintere Augenkammer** ein. Er verzweigt sich und überzieht als dünne Haut *n*, **Netzhaut** genannt, den Glaskörper. Die Eintrittsstelle des Sehnervs heißt **blinder Fleck** *s*; der Pupille gerade gegenüber liegt in der Netzhaut ein kleines Grübchen: der **gelbe Fleck** *f*, *m* und *b* sind Augenmuskeln. Unter dem oberen Augenlid, über dem äußeren Augenwinkel liegt die **Tränendrüse.** Die von ihr abgesonderte Flüssigkeit hält die Hornhaut rein und fließt durch den Tränenkanal im inneren Augenwinkel in die Nasenhöhle.

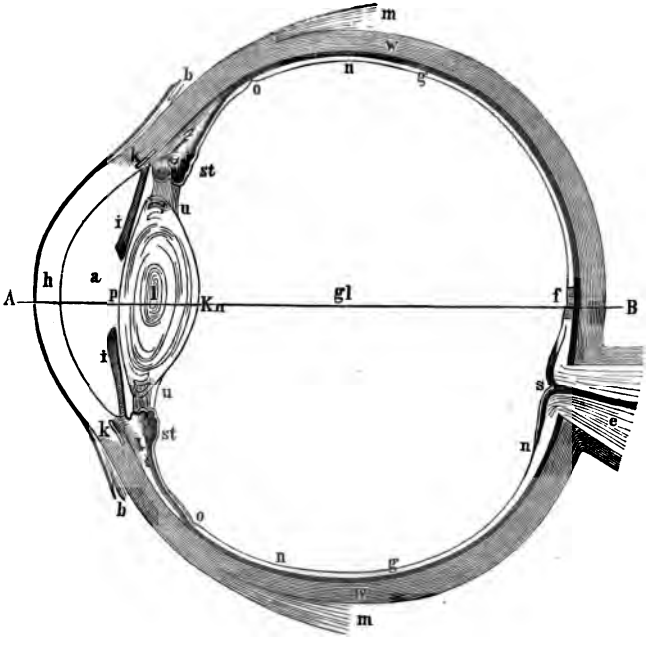


Fig. 247.

***b*) Das Auge als optischer Apparat.** Das Auge ist eine wohleingerichtete Dunkelkammer. Vergleiche die Kammerwände mit der weißen Augenhaut, den schwarzen Überzug mit der Aderhaut, die lichtempfindliche Platte mit der Netzhaut. Die lichtbrechenden Mittel sind die wässerige Feuchtigkeit, die Linse und der Glaskörper. — Sieht man auf eine grell beleuchtete weiße Fläche, so wird die Pupille klein; beschattet man das Auge, so erweitert sich die

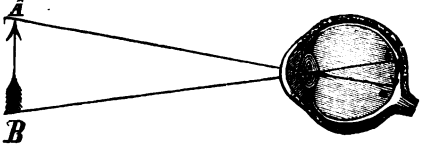


Fig. 248.

Pupille. Die Regenbogenhaut ist also die Blende. — Auf der Netzhaut entsteht ein reelles, umgekehrtes, verkleinertes Bild derjenigen Dinge, auf welche das Auge gerichtet ist. (Fig. 248.) Da der Mensch die lichtausstrahlenden Punkte immer in die Verlängerung des in das Auge dringenden Lichtstrahles verlegt, so sehen wir die Dinge in ihrer richtigen Lage. — Sollen von den Dingen um uns, die doch in verschiedener Entfernung vom Auge sind, scharfe Bilder auf der Netzhaut entstehen, so müßte sich die Linse im Auge bald vor-, bald rückwärts bewegen. Diese unmögliche Beweglichkeit der Linse wird ersetzt durch ihr **Akkommodations-** oder Anbequemungsvermögen. Das Bild weit entfernter Gegenstände würde vor der Netzhaut entstehen; beim Betrachten dieser Gegenstände wird die Linse flacher, eine Veränderung, die durch unwillkürliche Muskeln bewirkt wird, und das Bild fällt auf die Netzhaut. — Wie verändert sich die Linse beim Betrachten naher Gegenstände?

c) **Das Sehen.** Will man einen Gegenstand recht genau betrachten, so muß das Auge so gerichtet werden, daß sein Bild auf den gelben Fleck fällt. In diesem Punkt besitzt das Auge die größte Lichtempfindlichkeit. Die nächste Umgebung des Gegenstandes kann auch noch, aber nur undeutlich wahrgenommen werden; der übrige Teil der Netzhaut ist also auch noch lichtempfindlich. — Schließt man das linke Auge, und betrachtet man in einer Entfernung von ungefähr 20 *cm* das kleine

Fig. 249.

Kreuz (Fig. 249) mit dem rechten Auge, so verschwindet der große Kreis. Sein Bild fällt auf die Eintrittsstelle des Sehnervs; in diesem Punkt ist also auch das gesunde Auge vollständig blind, daher die Bezeichnung blinder Fleck. — Der lichtempfindliche Stoff auf der Netzhaut ist von roter Farbe und heißt **Sehpurpur.** Die in ihm liegenden Nervenenden leiten den Lichtreiz zum Sehnerv; dieser übermittelt ihn dem Großhirn, wo die Empfindung zum Bewußtsein kommt. Verliert der Sehnerv die Fähigkeit der Fortpflanzung des Lichtreizes, so ist der Mensch blind, er hat den **schwarzen Star.**

Damit ein Lichteindruck entsteht, ist Zeit erforderlich. Bewegt sich ein Körper sehr schnell, so verschmelzen die Lichteindrücke zu einem Gesamtbild. Beim schnellen Drehen eines roten Balles entsteht ein roter Kreis, beim Drehen einer glühenden Kohle ein feuriger Kreis. Die Wundertrommel. Der Kinematograph.

Starke Lichteindrücke haben eine gewisse Dauer: Betrachte helle Gegenstände und richte dann das Auge schnell auf eine weiße Fläche. Blendung des Auges durch grelles Licht.

Entfernte Gegenstände erscheinen uns kleiner als nahe. Die Grenzstrahlen von dem Gegenstand nach unserm Auge bilden den **Sehwinkel.** Dieser bedingt die Größe des Bildes. Optische Täuschungen. Perspektive.

Kurzsichtige Augen sind im Vergleich zu **normalsichtigen** zu lang; die Bilder fallen also vor die Netzhaut. Dieser Fehler wird durch das Tragen von Brillen mit Konkavlinsen korrigiert. Das **übersichtige Auge** hat eine zu kurze Achse. Damit die Bilder nicht hinter, sondern auf die Netzhaut fallen, tragen übersichtige Leute Brillen mit Konvexlinsen. Die **Weitsichtigkeit** stellt sich mit zunehmendem Alter bei Normalsichtigen ein und beruht auf dem Verluste der Akkommodationsfähigkeit für nahe Gegenstände. Anwendung von Konvexlinsen.

Der **graue Star** beruht auf einer Trübung der Linse. Die infolge dieser Krankheit eintretende Erblindung wird gehoben durch Entfernung der undurchsichtig gewordenen Linse. Sie wird in ihrer Wirkung durch eine Starbrille mit stark konvexen Gläsern ersetzt.

Die Augen werden mit dem von **Helmholtz** erfundenen Augenspiegel untersucht. Albrecht von **Gräfe** in Berlin hat sich durch die von ihm zuerst ausgeführte Operation des grauen Stars einen unsterblichen Namen und den Dank der so häufig an diesem Übel leidenden Menschheit erworben.

d) Hängt man einen großen Vorhangring frei auf und versucht man von der Seite her den Hakengriff eines Spazierstockes in den Ring zu stecken, so gelingt der Versuch nicht, wenn man ein Auge geschlossen hat. Er ist leicht auszuführen, wenn beide Augen geöffnet sind.

Versuche ein auf dem Tisch stehendes leeres Glas mit ausgestrecktem Arm aus einer Flasche zu füllen! Ist bei diesem Versuche das eine Auge geschlossen, so gelingt er nicht.

Betrachtet man eine abgestutzte Pyramide von oben, einmal mit dem linken und dann mit dem rechten Auge, so erhält man zwei verschiedene Bilder. Fig. 250 zeigt die beiden Bilder. Stellt

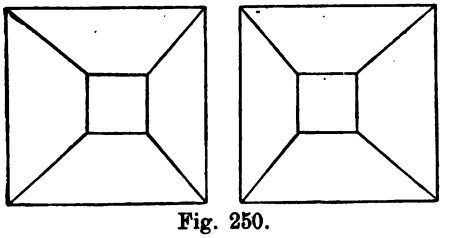


Fig. 250.

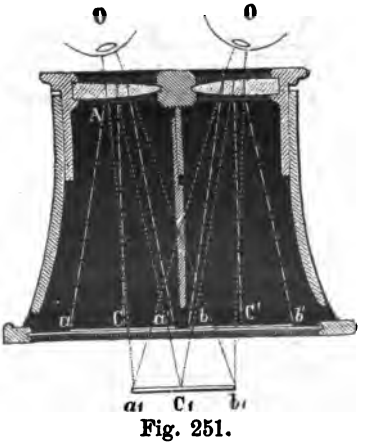


Fig. 251.

man zwischen die beiden Bilder eine senkrecht gehaltene Visitenkarte und beobachtet jedes Bild mit dem zugehörigen Auge, so erscheint uns nur ein Bild, welches wir als Körper wahrnehmen.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, daß, wenn wir ein Ding mit einem **einzigen Auge** betrachten, das Ding nicht als Körper, sondern **als Fläche** erscheint; mit beiden Augen betrachtet, wird es **körperlich wahrgenommen.**

Den besten Beweis dafür, daß das Körperlichsehen eines Gegenstandes darauf zurückzuführen ist, daß unsere zwei Augen verschiedene Bilder dieses Gegenstandes erblicken, liefert das **Stereoskop.** In diesen

Apparat legt man zwei von verschiedenen Standpunkten aus aufgenommene photographische Bilder desselben Dinges aa_1 und bb_1. Betrachtet man nun durch die Linsenhälften A und A_1 mit beiden Augen diese Bilder, so vereinigen sie sich zu einem einzigen $a'\ b'$, das ganz den Eindruck des körperlichen Dinges hervorruft.

§ 72. Optische Instrumente.

Die scheinbare Größe eines Gegenstandes hängt von dessen Sehwinkel ab; es folgt daraus, daß, wenn der Sehwinkel sehr klein ist, der Gegenstand nicht mehr deutlich, besonders in seinen Einzelheiten, wahrgenommen werden kann. Einen sehr kleinen Sehwinkel haben 1. sehr weit entfernte, 2. sehr kleine Gegenstände. Um nun diese Gegenstände besser sehen zu können, d. h. um ihren Sehwinkel zu vergrößern, wendet man für entfernte Gegenstände das Fernrohr, für kleine das Mikroskop an.

a) **Das Fernrohr.** Am bekanntesten ist der **Feldstecher** oder **Operngucker.** Kleines, ausziehbares Rohr mit zwei Linsen: einer Konvexlinse, welche auf den zu betrachtenden Gegenstand gerichtet wird (**Objektiv**), und einer Konkavlinse, durch welche man sieht (**Okular**).

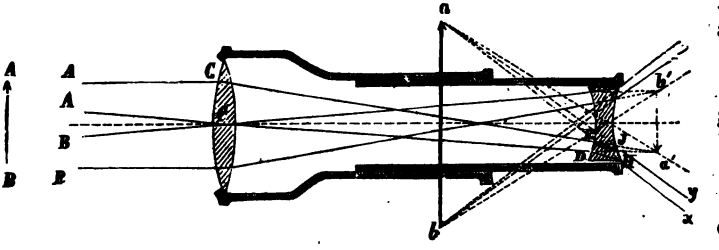


Fig. 252.

Das Objektiv würde ein reelles Bild in $a'\ b'$ entstehen lassen, wenn nicht das Okular die Strahlen zerstreute. Es entsteht demnach in $a\,b$ ein virtuelles aufrechtes Bild. Dieses erscheint uns größer als der mit bloßem Auge betrachtete Gegenstand, weil der Sehwinkel größer ist.

Dieses Fernrohr soll in Holland erfunden worden sein. Mit diesem Instrumente hat **Galilei** seine berühmten astronomischen Entdeckungen gemacht und dem Kopernikanischen Weltsystem zum Siege verholfen.

Zu astronomischen Beobachtungen wendet man auf den Sternwarten das **Teleskop** (Fig. 253) an. Es ist an einer massiven Säule so befestigt, daß es nach allen Seiten, trotz seiner manchmal riesigen Größe, sehr leicht gedreht werden kann. An den beiden Enden des langen Metallrohres (Tubus) sind zwei Konvexlinsen angebracht; das Objektiv ist groß und schwach gewölbt, das Okular ist klein und stärker gewölbt. — In Fig. 254 ist der Gang der Lichtstrahlen angegeben. Beim Objektiv $m\,n$ findet das erste Linsengesetz Anwendung. Das Bild $a\,b$ wird Gegenstand für das Okular und steht innerhalb der einfachen Brennweite dieser Linse. Anwendung des fünften Linsengesetzes. Es entsteht das Bild $a'\,b'$.

Mit Hülfe dieses Instrumentes ist es gelungen, die Sonnenoberfläche zu er-

forschen, Mond- und Marskarten zu entwerfen, Aufschluß über die Gestalt und Beschaffenheit der Planeten und Kometen zu erhalten, die Milchstraße in unzählige

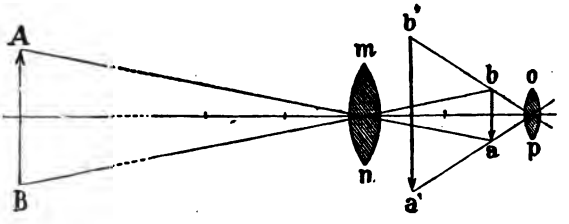


Fig. 254.

Sterne aufzulösen, die Nebelflecken zu beobachten und so den Menschen in die Geheimnisse der Sternenwelt einzuweihen. — Es ist von **Kepler** 1610 erfunden.

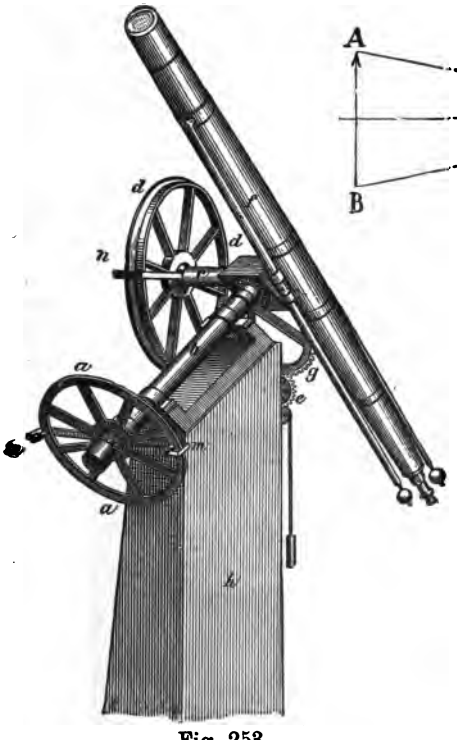


Fig. 253.

Das Erdfernrohr soll die beobachteten Dinge aufrecht zeigen. Es besitzt zu diesem Zweck außer dem Objektiv und dem Okular noch eine dritte Konvexlinse hi (Fig. 255), welche das durch das Objektiv hervorgerufene Bild $a_1 b_1$ in ein aufrechtes $a_2 b_2$ verwandelt. Wie entsteht nun das Bild $a_3 b_3$, welches man sieht?

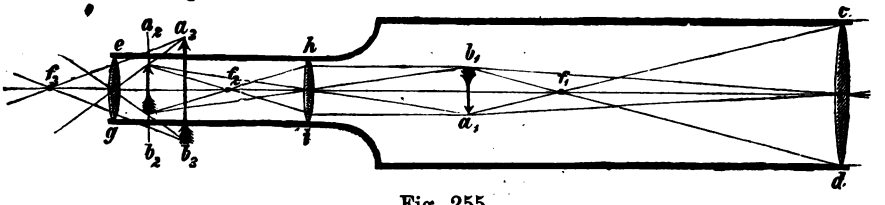


Fig. 255.

***b*) Das Mikroskop** dient zur Vergrößerung des Sehwinkels sehr kleiner Gegenstände.

Es besteht im wesentlichen aus einem Rohr mit einem stark gewölbten Objektiv o und einem schwach gewölbten Okular o'. (Fig. 256.) Der zu betrachtende Gegenstand muß durchscheinend sein und zwischen zwei dünnen Glasplatten liegen, so daß Licht, welches von unten durch einen Spiegel zugeführt wird, durch den Gegenstand hindurchtreten kann. Dieses Objekt $a\,b$ liegt innerhalb der doppelten Brennweite des Objektivs (Linsengesetz III). Das vergrößerte reelle Bild $a_1 b_1$ entsteht nun innerhalb der einfachen Brennweite des Okulars (Linsengesetz V). So erhält man ein stark vergrößertes optisches Bild, welches in bezug auf die Lage des Gegenstandes umgekehrt erscheint.

Man stellt Mikroskope mit mehr als tausendfacher Linearvergrößerung her. Wahrscheinlich ist dieses Instrument von dem holländischen Brillenmacher Janssen, vielleicht durch Zufall, erfunden worden. — Das Mikroskop ist eines der wichtigsten physikalischen Instrumente, und ihm verdanken die Naturwissenschaften, die Medizin einen großen Teil ihrer gewaltigen Fortschritte im letzten Jahrhundert. — Prüfung von Waren auf ihre Echtheit oder Reinheit. — Dem Teleskop verdanken wir die Kenntnis der Welt des Großen, dem Mikroskop Enthüllung der Geheimnisse der Welt des Kleinen.

§ 73. Die Zerlegung des Lichtes.

a) Scheint die Sonne in eine regnende Wolke, so erblickt man am Himmel einen mit sieben prächtigen Farben geschmückten Bogen, den Regenbogen. — Fällt Sonnen- oder Lampenlicht durch ein geschliffenes Glas, durch eine mit Wasser gefüllte Flasche, so bemerkt man ebenfalls einen farbigen Streifen.

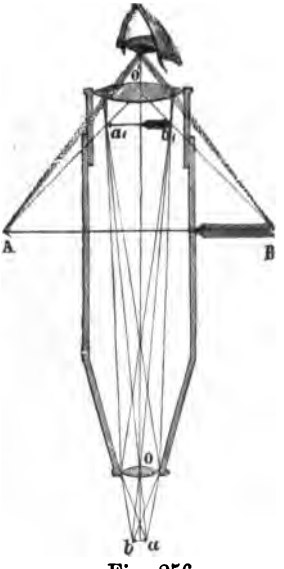


Fig. 256.

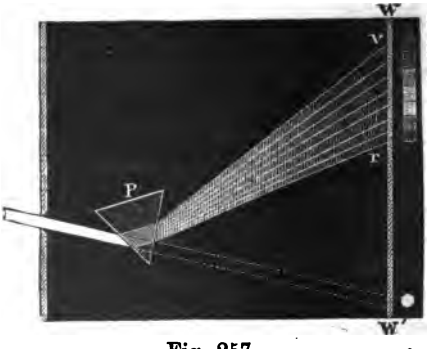


Fig. 257.

Zur näheren Untersuchung dieser Erscheinungen läßt man ein schmales Bündel Sonnenstrahlen durch ein dreiseitiges Glasprisma fallen. Das Bündel wird gebrochen, denn der helle Lichtfleck *w'* (Fig. 257) verschwindet, und weiter oben entsteht ein farbiges Band *v r*. Aus dem Prisma tritt ein Strahlenbündel aus, das sich mehr und mehr verbreitert. Es besteht aus farbigen Strahlen, die alle in dem weißen Lichtbündel enthalten waren. Man bemerkt weiter, daß diese farbigen Strahlen verschiedene Brechbarkeit besitzen und infolgedessen zerstreut werden. Die violetten Strahlen werden am meisten, die roten am wenigsten von der ursprünglichen Richtung abgelenkt. Der farbige Streifen heißt **Spektrum.**

I. Das weiße Licht ist ein zusammengesetztes Licht.

II. Das weiße Licht besteht aus farbigen Strahlen von verschiedener Brechbarkeit.

III. Im Spektrum unterscheidet man sieben Spektralfarben: rot, orange, gelb, grün, blau, indigo, violett.

IV. Die violetten Strahlen besitzen die größte, die roten die kleinste Brechbarkeit.

Läßt man das aus einem Prisma austretende farbige Strahlenbüschel durch eine Konvexlinse gehen, so entsteht hinter derselben auf einem Schirm ein weißer Fleck. — Wird eine mit den sieben Spektralfarben bemalte Scheibe in rasche Umdrehung versetzt, so erscheint sie weiß. (Das Weiß ist nicht ganz rein, weil die künstlichen Farben nie völlig mit den Farben des Spektrums übereinstimmen.) — Erklärung des Versuches nach § 71 *c*).

Fig. 258.

V. Durch Vereinigung der sieben Spektralfarben entsteht wieder weißes Licht.

Man läßt durch eine kleine Öffnung in einem weißen Papierschirm rote Strahlen des Spektrums austreten und durch ein hinter dem Schirm aufgestelltes Prisma fallen. Das rote Licht wird nicht mehr zerlegt. Wiederhole den Versuch mit den anderen Farben!

VI. Gleichfarbiges Licht des Spektrums kann nicht mehr zerlegt werden.

b) Beobachte die Tautropfen bei Sonnenaufgang! — Stellt man sich vor der Wassergarbe eines Springbrunnens so auf, daß man beim Beobachten desselben die Sonne hinter sich hat, so bemerkt man in dem zerstäubten, niederfallenden Wasser ebenfalls ein Spektrum: **Wassertropfen zerlegen das Sonnenlicht.**

Der Regenbogen ist eine schöne optische Lufterscheinung. Er entsteht, wenn der Beobachter eine regnende Wolke vor sich, die Sonne hinter sich hat. Die Größe des Bogens über dem Horizont ist von dem Stande der Sonne abhängig. Zur Bestimmung des Mittelpunktes des Kreises, zu welchem der Bogen gehört, denkt man sich eine gerade Linie von der Sonne durch das Auge gezogen. Denkt man sich weiter diese Linie als zweiarmigen Hebel mit dem Drehpunkt im Auge, so ist leicht einzusehen, daß bei tiefem Stand der Sonne der Mittelpunkt des Kreises höher liegt, als wenn die Sonne hoch über dem Horizont steht.

In welcher Tageszeit sieht man den größten Bogen? — In welcher Himmelsgegend kann bei uns nie ein Regenbogen entstehen? — Stehen mehrere Personen nebeneinander, so sieht jede den Regenbogen an einer andern Stelle. Warum? — Beobachte, welche Farbe am Außenrand, welche am Innenrand ist!

Wenn die Sonnenstrahlen auf Wassertropfen (Regentropfen) fallen, so wirkt die vordere Wand dieser Tropfen als Prisma; das Licht wird

gebrochen und zerlegt. (Fig. 259.) Auf der hinteren Wand entsteht ein Spektrum. Diese hintere Wand wirkt aber als Hohlspiegel und wirft die farbigen Strahlen zurück. Nach dem Gesetz der Zurückwerfung senden die hochliegenden Tropfen rotes Licht in das Auge, während die violetten Strahlen über das Auge hinweggehen. Die tiefer liegenden senden der Reihe nach die anderen Strahlen, die am tiefsten liegenden die violetten ins Auge. Demnach muß der Außenrand rot, der Innenrand des Bogens aber violett sein.

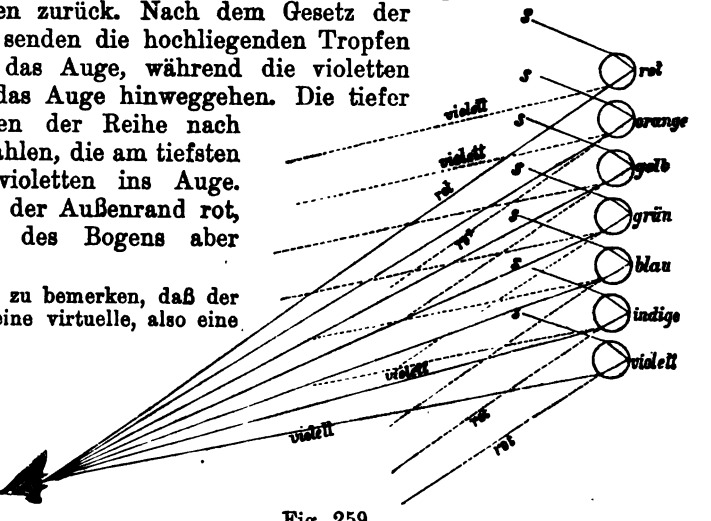


Fig. 259.

Es ist wohl zu bemerken, daß der Regenbogen nur eine virtuelle, also eine im Auge entstehende Erscheinung ist; er kann demnach nicht auf einem Schirme aufgefangen werden. — Der Nebenregenbogen, der über dem eigentlichen entsteht, ist kein Spiegelbild des ersten. Warum nicht? Er entsteht durch eine doppelte Zurückwerfung der Strahlen. — Die Mondregenbogen sind so blaß, daß man kaum die Farben unterscheiden kann. (Wilhelm Tell, 2. Aufzug, 2. Szene). — Mythologische Auffassung des Regenbogens: Griechen, Germanen. Der Regenbogen nach der Sintflut.

c) Man unterscheidet **farblose** (wasserhelle) Körper, wie reines Wasser, Spiritus, gewöhnliches Fensterglas, Bergkristall, und **farbige** Körper, die entweder durchsichtig (Chlorgas, Joddämpfe, Lösungen von Kupfersulfat, von Anilinfarbstoffen) oder undurchsichtig (Gold, Kupfer, Zinnober, Malachit, Blätter) sind. Wie ist die Farbe zu erklären? Daß sie nur von Lichtstrahlen herrühren kann, die, von den undurchsichtigen Körpern zurückgeworfen oder von den durchsichtigen hindurchgelassen, in unser Auge gelangen, geht schon daraus hervor, daß wir sie nur bei Licht wahrnehmen können; im dunkeln Raum gibt es keine Farben.

Weißes Licht ist (siehe *a*) aus sieben Farben zusammengesetzt. Ein weißes Papierblatt muß also, weil es uns weiß erscheint, alle sieben Farben in unser Auge zurückwerfen. Betrachten wir es durch ein mit Kupferoxyd gefärbtes Glas, so erscheint es uns nicht mehr weiß, sondern rot; das Glas muß also die Eigenschaft haben, nur die vom Papier zurückgeworfenen roten Strahlen durchzulassen und die anderen zurückzuhalten, zu absorbieren. Man erkennt die Wahrheit dieses Schlusses, wenn man das Sonnenspektrum durch dasselbe Glas hindurch betrachtet. Nur der rote Teil, der also nur rote Strahlen aussenden kann, ist sichtbar, die sechs anderen farbigen Teile sind verschwunden, sie erscheinen schwarz.

Hält man ein grünes Papierblättchen in den grünen Teil des Sonnenspektrums, so erscheint es schön grün; wird es von den anderen farbigen Strahlen getroffen, so erscheint es schwarz. Der grüne Farbstoff

hat also die Eigenschaft nur grüne Strahlen zurückzuwerfen, die anderen werden absorbiert.

Ein Körper erscheint in der Farbe der Strahlen, die er hindurchläßt oder zurückwirft.

Ein Körper ist weiß, wenn er alle sieben Farben in unser Auge gelangen läßt.

Ein Körper ist schwarz, wenn er alle Strahlen absorbiert.

Ein schwarzer Körper müßte demnach unsichtbar sein. Da aber an der mehr oder weniger rauhen Oberfläche das Licht unregelmäßig nach allen Seiten zurückgeworfen wird, so wird er doch sichtbar.

Die schönen Farben, welche die Blumen schmücken, rühren also nur daher, daß die Blütenblätter die Fähigkeit haben, gewisse Strahlen zu absorbieren und die anderen zurückzuwerfen. Die rote Blüte des Klatschmohnes muß, durch ein blaues oder grünes Glas betrachtet, schwarz erscheinen. Warum?

Verwechsle nicht Farbe und Farbstoff! Dieser ist ein Stoff, der die Eigenschaft besitzt, einen oder mehrere von den im weißen Licht enthaltenen farbigen Strahlen zurückzuwerfen. — Kann man Farbe kaufen? — Betrachte eine Wiese, eine Rose, eine weiße Wand durch ein rotes Glas, dann durch ein grünes! — Wo kein Licht, da keine Farbe. Beispiele im Pflanzen- und Tierreich. — Bengalisches Licht in Gartenanlagen.

Wird eine Scheibe, die zur Hälfte rot und grün bemalt ist, rasch gedreht, so erscheint sie weiß.

Farben, die sich gegenseitig zu weiß ergänzen, heißen **Komplementärfarben** (Ergänzungsfarben).

Rot und grün, orange und violett, gelb und blau sind Komplementärfarben.

Richtet man unverwandt den Blick auf einen roten Papierstreifen und dann schnell auf einen weißen Schirm, so sieht man ein grünes Bild des Papierstreifens. Wer in die untergehende Sonne gesehen hat, wird beim Wegwenden des Auges ein violettes Nachbild erblicken. — Zwischen den roten Wolken am abendlichen Himmel erscheint das Blau grünlich. — Stellt man Komplementärfarben zusammen, so erscheinen sie lebhafter: gelbe Streifen auf blauem Grunde, rote Blumen leuchten zwischen grünen Blättern hervor. — Warum kann man blaues und grünes Tuch bei Lampenlicht nicht voneinander unterscheiden? — Welche Farbe müßten die Lampengläser haben, damit das gelbe Licht weiß erscheine? — Personen mit gelblicher oder bräunlicher Gesichtsfarbe sollten keine blauen Kleider tragen. — Beleuchte Körper von verschiedener Farbe mit einer durch Kochsalz gefärbten Weingeistflamme! — Warum bläut man die weiße Wäsche?

VII. Das Wetter.

§ 74. Der Wind.

a) Die Sonnenstrahlen bringen auf der Erde mannigfaltige Wirkungen hervor. Sie erwärmen die Erde und infolgedessen die darüber lagernden Luftschichten; das Wasser an der Oberfläche wird durch sie in Dampf verwandelt, welcher in die Höhe steigt, um als Regen oder Schnee wieder auf die Erde herunterzufallen. Am blauen Himmel sehen wir weiße oder graue Wolken vorbeiziehen; auf Windstille folgt oft ein heftiger Sturm. Alle diese Erscheinungen, welche in der Luft vor sich

gehen, machen das **Wetter** aus. Man nennt sie **Witterungs-** oder **meteorologische Erscheinungen.**

Öffnet man in einem geheizten Zimmer eine Tür, welche nach einem kalten Raum führt, so kann man mit einer Flamme und einem Thermometer nachweisen, daß zwei Luftströmungen entstehen: eine kalte, welche unten am Boden von dem kalten Raum nach dem warmen zieht, und eine warme, welche darüber den umgekehrten Weg einschlägt.

Derselbe Vorgang zeigt sich auch im großen in der Natur. Wird ein Ort *A* von der Sonne stark erwärmt, so strahlt daselbst die Erde viele dunkle Wärmestrahlen aus, durch welche die darüber lagernde Luft ebenfalls erwärmt wird (§ 10 *d*) und in die Höhe steigt. In *A* würde also ein luftverdünnter Raum entstehen. Um das Gleichgewicht wieder herzustellen, fließt von kälteren Orten, z. B. von *B*, Luft nach *A*: es entsteht ein Wind von *B* nach *A*. In der Höhe strömt aber die in *A* aufgestiegene warme Luft nach den kälteren Orten: es entsteht ein Wind von *A* nach *B*. Die Windstärke ist von dem Temperaturunterschied zwischen *A* und *B* abhängig.

Da der aufsteigende Luftstrom aus verdünnter Luft besteht, muß das Barometer in *A* fallen. In *B* entsteht ein herabsinkender Strom verdichteter Luft: das Barometer steigt in *B*.

Die Winde entstehen durch die ungleiche Wärmeverteilung auf der Erde.

Weise nach, wie die ungleiche Wärmeverteilung auf der Erde von den Tages- und Jahreszeiten abhängig ist! — Die Windfahne zeigt oft eine ganz andere Windrichtung an als die hochschwebenden Wolken: Nachweis der übereinander liegenden Luftströmungen. — Wovon hängt das Gefälle eines Wasserstromes, eines Luftstromes ab? — Zweck der Windfahne.

Windstille: Kein Blatt regt sich.
Schwacher Wind: Die Blätter bewegen sich.
Mäßiger Wind: Die Zweige werden bewegt.
Starker Wind: Die Äste geraten in Bewegung.
Sturm: Ganze Bäume werden bewegt, oft gebrochen oder entwurzelt.
Orkan: Häuser werden abgedeckt, leichte Gebäude zerstört, Menschen und Tiere zu Boden geworfen oder fortgeweht.

b) An den Küsten des Meeres beobachtet man am leichtesten den regelmäßigen Wechsel der Luftströmungen.

Im Laufe des Vormittags erhebt sich ein von dem Meere nach der Küste wehender kühlender Wind, der **Seewind.** Das Land wird nämlich von den Sonnenstrahlen stärker erwärmt als das Wasser, weil dieses mehr Wärme braucht als die Erde, um seine Temperatur zu erhöhen. In der Höhe würde man einen warmen Wind entgegengesetzter Richtung antreffen. Zwischen zwei und drei Uhr nachmittags ist der Seewind am stärksten; er nimmt dann allmählich ab, und bei Sonnenuntergang tritt Windstille ein. Nun strahlen

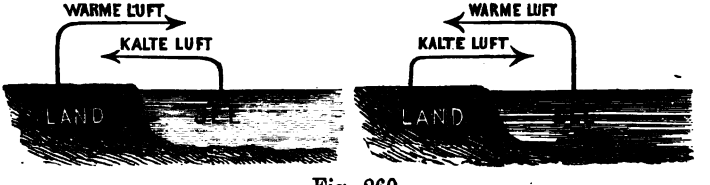


Fig. 260.

Land und See die Wärme, die sie tagsüber empfangen haben, wieder aus; das Land erkaltet aber schneller als das Wasser. Warum? Abends und während der Nacht strömt also die kalte Luft vom Lande nach der See: **Landwind.** Darüber zieht der wärmere Seewind nach dem Lande hin.

Die Verschiedenheit in dem Erwärmungs- und Ausstrahlungsvermögen des Landes und des Wassers bedingt das **Land- und Seeklima.** — An den Meeresküsten herrschen kühle Sommer und milde Winter, im Innern des Landes heiße Sommer und kalte Winter. Während die durchschnittliche Jahrestemperatur am Nordkap 0,1°, die des heißesten Monats + 8° und die des kältesten Monats — 5,5° ist, betragen diese Temperaturen für das südlichere, aber in Sibirien liegende Jakutsk — 11,2°, + 18,8° — 42,8°. — In Jakutsk gedeihen auf einem Boden, welcher in 1 *m* Tiefe stets gefroren bleibt, Weizen und Roggen während des kurzen, aber heißen Sommers. Am Nordkap oder auf Island kann kein Getreide gebaut werden. — Der Winter ist in Plymouth nicht kälter als in Florenz. — New York, Madrid und Neapel liegen ungefähr auf demselben Breitengrade. — Warum gedeiht die Rebe nicht in England, während doch Fuchsia und Kamelia im Freien überwintern?

c) Am Äquator wird die Erde am stärksten erwärmt; ein warmer Luftstrom steigt dort jahraus, jahrein in die Höhe und fließt dann in den oberen Schichten der Atmosphäre nach Norden und Süden ab. An der Erdoberfläche macht sich demnach eine regelmäßige, kühlere Luftströmung geltend, die auf der nördlichen Halbkugel nach Süden, auf der südlichen Halbkugel nach Norden gerichtet ist und am Äquator in stark erwärmtem Zustande wieder in die Höhe steigt. Rund um den Äquator kann demnach kein wagerechter Wind wehen; es herrscht dort Windstille (Region der Kalmen). Die regelmäßigen Winde nördlich und südlich von dieser Gegend heißen **Passatwinde.** Durch die Achsendrehung werden sie auf der nördlichen Halbkugel nach rechts abgelenkt, aus dem Nordwind wird ein Nordostpassat. In der Gegend des 30.° n. Br. sinkt der warme obere Passatwind infolge der Abkühlung und kehrt an der Erdoberfläche zum Äquator zurück.

Das Vorhandensein des unteren Passatwindes kann das ganze Jahr hindurch in der heißen Zone unmittelbar nachgewiesen werden. Den oberen Passat erkennt man an der Richtung hochschwebender Wolken und an dem Mitführen vulkanischer Asche, welche in jenen Gegenden durch tätige Vulkane hoch in die Luft geschleudert wird. — Der Name Passat rührt daher, daß dieser Wind die Überfahrt der Schiffe von Europa nach Amerika begünstigt.

d) Bei uns herrschen **veränderliche Winde;** die beiden wichtigsten sind der Südwest- und der Nordostwind. Der erste kommt vom Ozean her und ist ein warmer, feuchter Wind. Der zweite, der über große Länderstrecken gezogen ist, bevor er zu uns kommt, ist ein trockener und kalter Wind. Häufig läßt sich eine Drehung in der Windrichtung erkennen. Wenn der Südwest uns Regen oder Schnee gebracht hat, so dreht sich der Wind nach West. Mit Nord heitert sich der Himmel auf. Schönes Wetter tritt mit Nordost ein; aber allmählich geht der Wind über Ost und Süd wieder nach Südwest, wobei eine zunehmende Bewölkung des Himmels wahrzunehmen ist.

In der Schweiz herrscht oft ein warmer, trockener Südwind, der **Föhn.** Die warmen und feuchten Südwinde gelangen bei ihrer Reise nach Norden an die Alpen. Indem sie an dem Südabhange in die Höhe steigen, kühlen sie sich ab und scheiden ihren Wassergehalt als Regen, höher als Schnee aus. Beim Überschreiten des Kammes und Niedersinken in die nördlichen Täler wird der Wind verdichtet, warm und trocken. Innerhalb einer kurzen Zeit steigt oft die Temperatur um 20°. Er tritt

hier als plötzlich hereinbrechender, heftiger Sturm auf, der den Schnee emporwirbelt und die Seen aufwühlt. Schillers Tell. — Ähnliche Winde entstehen in allen größeren Gebirgen.

Der **Monsun** weht im Indischen Ozean. Im Sommer kommt er aus Südwest, weil Südasien sehr stark erwärmt ist. Im Winter herrscht der Nordostmonsun. Warum?

§ 75. Der Wasserdampf in der Luft.

a) Bei der Verdunstung des Wassers bildet sich unsichtbarer Wasserdampf, der erst wieder sichtbar wird, wenn er in den flüssigen Zustand zurückkehrt.

Vergleiche § 13!

Legt man einen feuchten Schwamm unter eine Glasglocke, so wird er längere Zeit hindurch feucht bleiben. Stellt man die Glasglocke in einen recht kalten Raum, so werden sich bald Wassertropfen an der Innenwand absetzen, in einem warmen Zimmer aber verschwinden sie wieder. Daraus ergibt sich: Die Luft kann nur eine bestimmte Menge von Wasserdampf aufnehmen; diese Menge ist abhängig von der Temperatur. — Ist die Luft mit Wasserdampf gesättigt, so genügt die geringste Temperaturerniedrigung, um den Dampf in flüssiger Form auszuscheiden; nasse Gegenstände trocknen dann nicht: **die Luft ist feucht.** — Die Temperatur, bei der die Ausscheidung des Dampfes in flüssiger Form erfolgt, heißt **Taupunkt.** Je mehr die Lufttemperatur über dem Taupunkt liegt, desto **trockener** ist die Luft; feuchte Gegenstände trocknen dann rasch.

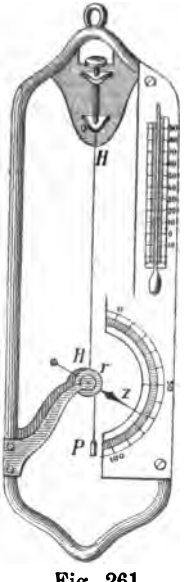


Fig. 261.

Den Feuchtigkeitsgehalt der Luft beurteilt man mit Hülfe von solchen Körpern, die Wasser aus der Luft aufnehmen; man nennt solche Körper **hygroskopische Körper.**

Kochsalz, Pottasche werden feucht. Holzfasern, Haare, Fischbein verlängern sich. Darmsaiten drehen sich auf. Storchschnabelgrannen drehen sich im Kreise. Beobachte unter dem Mikroskop die Schleuderfäden der Sporen des Schachtelhalmes! Wetterhäuschen oder Wetterfiguren.

Das **Hygrometer** (Feuchtigkeitsmesser) enthält ein entfettetes Menschenhaar *HH*. (Fig. 261.) Mit dem oberen Ende ist es an einer Schraube befestigt, mit dem unteren ist es um ein Röllchen gewickelt und durch ein Gewicht *P* gespannt. Die Achse der Rolle trägt einen Zeiger, der auf einem Maßstabe den Feuchtigkeitsgehalt der Luft anzeigt. — Welche Veränderung geht mit dem Haar vor sich, wenn die Luft feuchter oder trockener wird?

Ist die Luft mit Wasserdampf gesättigt, so hat sie 100% Feuchtigkeitsgehalt. Trockene Luft ist der Gesundheit nicht zuträglich, weil die Schleimhäute der Luftwege austrocknen. Besonders schädlich ist der häufige Wechsel zwischen Austrocknen und Feuchtwerden. — In einem geheizten Wohnzimmer müssen Wassergefäße auf dem Ofen stehen, damit der Feuchtigkeitsgehalt nicht zu gering wird.

b) Wenn nach Sonnenuntergang der Himmel heiter bleibt und kein Wind weht, so strahlt die Erde die empfangene Wärme aus, und

die verschiedenen Gegenstände an der Erdoberfläche kühlen sich stark ab. Dadurch wird auch die Temperatur der umgebenden Luftschicht erniedrigt, und da sie Wasserdampf enthält, wird sich dieser, sobald der Taupunkt erreicht ist, in Form von kleinen Wassertröpfchen an den Gegenständen, besonders an Pflanzen, absetzen. So entsteht der **Tau.**

Steht auf einer Rasenfläche ein Tisch, so wird man wahrnehmen, daß die Stelle unter demselben trocken ist, während der Rasen um den Tisch herum feucht von Tau ist. — Ist der Himmel während der Nacht mit Wolken bedeckt, so wird man im Sommer nur eine geringe Abkühlung der Luft bemerken; es bildet sich kein Tau. Bei klarem Himmel wird es im Sommer gegen 10 Uhr nachts schon empfindlich kühl; es bildet sich reichlich Tau. — Der Tisch sowie die Wolken bilden eine Decke über der Erde, welche die Ausstrahlung der Wärme und somit eine starke Abkühlung verhindern.

Sinkt die nächtliche Temperatur unter 0^0, so gefriert der Tau, es entsteht **Reif.**

Beobachte das Farbenspiel der Tautropfen am frühen Morgen, wenn sie von der Sonne getroffen werden, und erkläre diese Erscheinung! — Beobachte die Taubildung an einem kalten Glasgefäß, das man rasch in einen warmen, feuchten Raum bringt! — Welchen Nutzen für die Pflanzenwelt hat der Tau im Sommer, besonders in den heißen Gegenden? — Warum bedeckt der Gärtner junge, zarte Pflanzen mit Glasglocken? — Die Nachtfröste im Mai verwandeln den Tau in Reif und können großen Schaden hervorrufen. Zur Verhinderung der Taubildung werden die Pflanzen mit Matten, Stroh, Laubwerk bedeckt. Erzeugung künstlicher Wolken durch Verbrennung von Teer. — An wagerecht ausgestreckten Ästen sitzt der Reif oben; warum ist die untere Seite der Äste frei von Reif?

c) Wenn die mit Wasserdämpfen erfüllte Luft durch ihre ganze Masse hindurch bis unter den Taupunkt abgekühlt wird, so entsteht der **Nebel.** Eine solche Abkühlung kann durch Vermengen der gesättigten Luft mit kalten Luftmassen herbeigeführt werden. Der Nebel besteht aus sehr kleinen, in der Luft schwebenden Wasserkügelchen; daher erklärt sich das Feuchtwerden der Kleider, der Hauswände bei Nebel.

Sorgfältige Untersuchungen haben ergeben, daß es in der mit Wasserdampf erfüllten Luft erst dann zu einer Bildung von Nebel kommt, wenn die Luft Staub enthält, an welchem sich bei der Abkühlung der Wasserdampf niederschlägt. Hieraus erklärt sich das häufige Auftreten starker Nebel in großen Industriegegenden, wo die Luft mit Kohlenstaub erfüllt ist. Auch der Moorrauch in Norddeutschland erzeugt dicke Nebel.

Hohe Bergspitzen sind oft von Wolken eingehüllt. Wer sich um diese Zeit auf der Spitze aufhält, wird die Wahrnehmung machen, daß eine Wolke ein **hochschwebender Nebel** ist. Luftschiffer machen dieselbe Erfahrung, wenn sie mit ihrem Ballon in eine Wolke eindringen. Nebel sind auf dem Boden liegende Wolken. Entsteht durch die Erwärmung der Erde ein aufsteigender Luftstrom, so nimmt dieser die kleinen Wasserkügelchen mit in die Höhe.

Da die Wasserteilchen, welche die Wolke zusammensetzen, sehr leicht, aber immerhin schwerer als ein gleicher Raumteil Luft sind, so müssen sie langsam in der Luft fallen. Sie können aber bei ruhiger Luft den Erdboden nicht erreichen, weil sie bald in wärmere Luftschichten gelangen, verdampfen und wieder in die Höhe steigen. So erklärt sich

auch das Grauwerden des Himmels an heißen Sommertagen, ohne daß Wolken vorhanden sind. Es entsteht ein Regen in der Höhe, der aber den Erdboden nicht erreichen kann.

Die Wolken haben verschiedene Gestalt und Farbe. Man unterscheidet: 1. Die **Federwolken.** Sie bestehen aus feinen, weißen Fasern und kündigen einen Wechsel des Wetters an. Sie sind die höchsten aller Wolken (7—10 *km* über der Erde) und setzen sich vermutlich aus feinen Eisnadeln zusammen. 2. Die **Haufenwolken** haben das Aussehen und die Farbe eines großen Schneehaufens. Sie zeigen sich oft im Sommer gegen Mittag oder Abend und bringen Gewitter. 3. Bei Sonnenuntergang sieht man manchmal am westlichen Horizont lange, wagerechte Wolkenstreifen, die **Schichtwolken,** welche im schönsten Rot erstrahlen. Sie zeigen Regen an. 4. Die tiefschwebenden, grauen, oft blauschwarzen Wolken sind die **Regenwolken.**

Warum bildet sich der Nebel am häufigsten über sumpfigen Gegenden? — Der im Mondlicht silberglänzende Nebel hat zu allerhand Sagen Veranlassung gegeben, ebenso die wechselnden Gestalten der Wolken, wenn sie, durch den Wind getrieben, am nächtlichen Himmel vorbeijagen. — Vor alter Zeit glaubte man, die Wolken wären feste Wasserbehälter; erkläre demnach den Ausdruck „Wolkenbruch"! — Wie erklärten sich die Germanen das Rollen des Donners? — Die Schäfchen sind kleine, hochschwebende Haufenwolken. — Beobachte an Bergen oder hohen Gebäuden, wie tief oft die Regenwolken sind!

d) Wenn die Wolken stärker abgekühlt werden, oder wenn ein feuchter Wind in eine kältere Gegend gelangt, so werden die kleinen Wasserteilchen größer; sie fließen zusammen, und die entstandenen Tropfen fallen als **Regen** zur Erde. Geht die Abkühlung sehr rasch vor sich, so entsteht ein **Wolkenbruch** mit oft verheerenden Wirkungen. — Die ersten Tropfen bei einem Gewitterregen sind auffallend groß. Während des Herabfallens durch die feuchte Luft verdichten sie an ihrer Oberfläche den umgebenden Wasserdampf und nehmen dadurch an Größe zu. — Tritt die Verdichtung der Dämpfe bei einer Temperatur unter 0° ein, so erstarren die Wassertropfen: es entsteht der **Schnee.** Bei sehr kaltem Wetter kann man die zierlichen, sechsstrahligen Schneekristalle gut beobachten. (Fig. 262.) Bei wärmerem Winterwetter schmelzen die

Fig. 262.

Kristalle teilweise zusammen, und dicke Flocken sinken zur Erde. **Graupeln** fallen meistens im März und April als kurz andauernder Schauer nieder; sie bestehen aus fest zusammengeballten Eisnädelchen. — Eine der furchtbarsten und verheerendsten Wettererscheinungen ist der **Hagel.** Er tritt nur bei Gewittern auf.

Die mittlere Regenmenge im Laufe eines Jahres beträgt in Deutschland 70 *cm*, in Berlin 55 *cm*, in London 63 *cm*, in Paris 57 *cm*, in Innsbruck 80 *cm*, in Genua 120 *cm*,

in Bergen 224 *cm*, in Cayenne 325 *cm*, am Südabhange des Himalaya 12 *m*. — Die Sahara ist regenlos. — Warum fällt auf den Bergen mehr Regen als in der Ebene? — Die gefallene Regenmenge wird mit dem Regenmesser festgestellt.

§ 76. Wetterbeobachtung.

a) Das wichtigste Beobachtungsinstrument ist das **Barometer** (§ 50). Es zeigt die geringsten Schwankungen des Luftdruckes an.

1. Steigt die Temperatur der Luft, so wird der Luftdruck geringer und das Barometer fällt. — 2. Enthält die Luft Wasserdampf, so ist der Luftdruck geringer: das Barometer fällt. — 3. Verdichten sich die Wasserdämpfe zu Wolken oder Niederschlägen, so wird Wärme frei, der Luftdruck also geringer: das Barometer fällt.

Sinkt das Barometer langsam unter den mittleren Barometerstand, so ist meistens Regen zu erwarten, im umgekehrten Fall längere Zeit dauerndes schönes Wetter. — Ein schnelles Steigen läßt Sonnenblicke vermuten, ein rasches Fallen deutet auf Sturm, unbeständiges Wetter.

b) Die **Windfahne** zeigt die Windrichtung an, die bei Wetterbeobachtungen genau zu verfolgen ist.

Süd-, Südwest- und Westwinde sind Regenwinde, Nord- und Nordostwinde bringen trockenes, heiteres Wetter. — Wenn bei schwülem, heißem Wetter plötzlich Windstille eintritt, so ist meistens ein Gewitter zu erwarten.

c) Die **Bewölkung** des Himmels ist von alters her einer der wichtigsten Faktoren für Wetterbestimmung.

Große Haufenwolken, Schneebergen ähnlich, verkünden ein Gewitter, wenn zu gleicher Zeit das Barometer fällt. — Regen am Morgen läßt für den Nachmittag aufheiternden Himmel erwarten. — Hängen die Wolken tief, so tritt anhaltendes Regenwetter ein. Folgen Federwolken darauf, so darf man auf schönes Wetter hoffen. — Wenn bei Sonnenaufgang die Wolken am östlichen Horizont hoch stehen, so gibt es meistens Regen. — Sinkt die Sonne abends hinter wenigen Schichtenwolken unter den Horizont, so tritt am nächsten Tag schönes Wetter ein, wenn im Osten der Himmel nicht stark gerötet ist.

d) Da starker **Tau** nur bei klarem Himmel und mäßigem Winde entsteht, so verkündigt er schönes Wetter. Tritt der **Nebel** bei Nordwind auf, so ist der Rest des Tages schön. — Sind die Umrisse eines fernen Gebirges sehr scharf und erscheint es näher als sonst, so deutet diese Erscheinung sehr feuchte Luft an, und es tritt dann meistens Regenwetter ein. — Ist die Aussicht von einem Berg bei schönem Wetter durch eine trübe Atmosphäre beschränkt, so kann man eine Fortdauer des schönen Wetters erwarten.

e) Die einzelnen meteorologischen Beobachtungsstationen sind telegraphisch mit einer Zentralstation (Hamburger Seewarte) verbunden und übermitteln ihr täglich ihre Beobachtungen am Barometer, Thermometer, Hygrometer, der Windfahne und dem Regenmesser. Aus diesen Angaben versucht die Zentralstation ein Bild der allgemeinen Wetterlage zu entwerfen und eine Wettervoraussage (Wetterprognose) aufzustellen. Durch diese Einrichtung ist es gelungen, eine ziemlich sichere Voraussage für die nächsten 24 oder 48 Stunden zu geben und dadurch der Landwirtschaft und der Schiffahrt unschätzbare Dienste zu leisten.

Chemie.

I. Die wichtigsten festen Elemente.

§ 77. Die gebräuchlichsten Metalle.

a) Das **Eisen** ist wegen seiner vielseitigen Anwendung das wichtigste aller Metalle.

Man unterscheidet Gußeisen, Stahl und Schmiedeeisen.

1. Das **Gußeisen** hat eine graue Farbe und ein grobkörniges Gefüge; es ist spröde und schmilzt bei 1200°.

Verwendung: Maschinenlager, Säulen, Gewichte, Öfen, Pfannen und Kochtöpfe, Gas- und Wasserleitungsröhren.

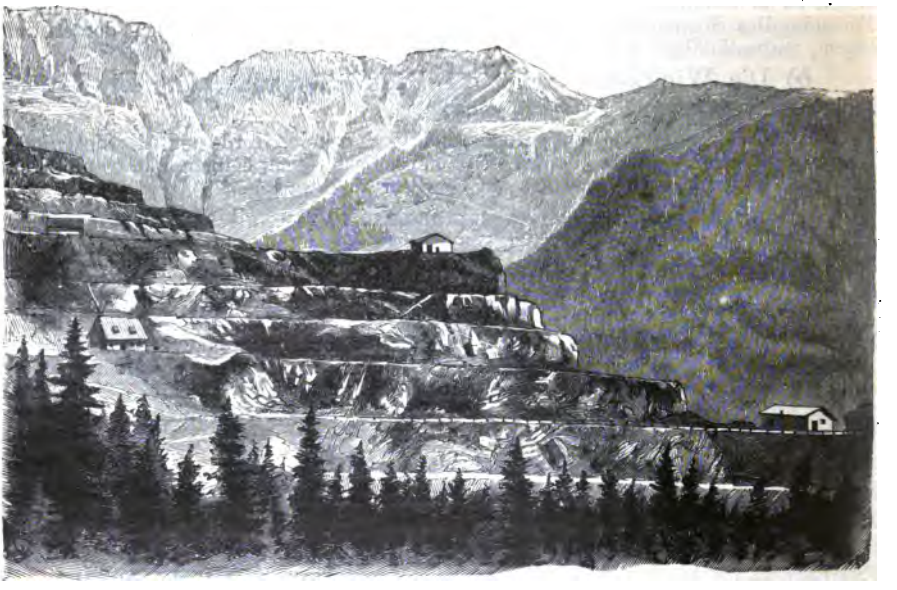


Fig. 263. Tagbau auf Spateisenstein im Erzberg bei Eisenerz in Steiermark.

2. Der **Stahl** hat eine hellgraue Farbe und ein feinkörniges Gefüge. Er ist elastisch, schmied- und schweißbar. Durch rasche Abkühlung (Härten) wird er so hart, daß er alle anderen Metalle ritzt.

Verwendung: Schneidewerkzeuge, bewegliche Maschinenteile, Dampfkessel, Eisenbahnschienen, Sägen, Feilen, Bohrer, Panzerplatten, Kanonen, Waffen, Federn.

3. Das **Schmiedeeisen** unterscheidet sich vom Stahl durch sein sehniges Gefüge; der Bruch ist also nicht glatt wie beim Stahl, sondern zeigt kleine, hervortretende Unebenheiten, als ob das Schmiedeeisen aus lauter Eisenfäden zusammengesetzt wäre. Es ist sehr dehnbar und läßt sich zu Drähten ausziehen und zu Blech auswalzen.

Gediegenes Eisen gibt es nicht in der Erde. In ungeheueren Massen kommen dagegen die roten, braunen oder grauen **Eisenerze** vor (Rot-

eisenstein, Brauneisenstein, Spateisenstein, Fig. 263), aus welchen das Eisen gewonnen wird.

Die wichtigsten Fundorte sind in Deutschland: Westfalen, Rheinprovinz, Lothringen, Schlesien; in Europa: England, Schweden, Steiermark. Elba, Rußland, Spanien. Die Vereinigten Staaten Amerikas fördern jährlich fast ebensoviel Eisenerz, als Deutschland und England zusammen.

Die große Verwendung des Eisens beruht 1. auf seiner Billigkeit, 2. auf seiner Schmelzbarkeit, 3. auf seiner Elastizität und 4. auf seiner Dehnbarkeit.

b) Das **Kupfer** fällt durch seine schöne rote Farbe auf. Wegen seiner Dehnbarkeit läßt es sich zu haarfeinen Drähten ausziehen und zu ganz dünnen Blättchen (falscher Goldschaum) ausschlagen. Es ist ein ausgezeichneter Wärme- und Elektrizitätsleiter. Schmelzpunkt 1100°.

Verwendung: Kochgeräte (warum?), Leitungsdrähte bei elektrischen Anlagen (warum?), Bodenplatten (bei welcher Anlage?), Dachplatten.

Messing ist eine Mischung von Kupfer und Zink und besitzt eine glänzende gelbe Farbe. Es ist nicht so dehnbar wie Kupfer, aber härter und leichter schmelzbar.

Gib Dinge an, die aus Messing hergestellt werden!

Bronze ist eine Mischung von Kupfer und Zinn. Die Farbe ist goldbraun bis weißgelb, je nach der Menge des Kupfers.

Denkmäler, Münzen, Kanonen werden aus Bronze verfertigt. Glockengut. (Kocht des Kupfers Brei, schnell das Zinn herbei!)

In Amerika findet man gediegenes Kupfer. (Fig. 264.) Das Metall wird aber hauptsächlich aus den sehr verbreiteten Kupfererzen gewonnen, die sich durch ihre gelbe, metallisch glänzende (Kupferkies) oder durch ihre grüne Farbe (Malachit) auszeichnen.

Fig. 264. Gediegenes Kupfer.
(Vom oberen See in Michigan.)

c) Das **Blei** zeichnet sich durch sein hohes spezifisches Gewicht (11,4) aus. — „Schwer wie Blei." — Es hat eine blaugraue Farbe, starken Glanz und ist so weich, daß es sich nicht nur mit dem Fingernagel ritzen läßt, sondern sogar auf Papier abfärbt. Es besitzt eine große Dehnbarkeit und läßt sich demnach zu feinen Blättern ausschlagen. Bei 330° schmilzt es.

Verwendung: Ausgießen der Füße stehender Körper mit Blei. Warum? Schrot, Einfassung von Fensterscheiben, Befestigung von Eisen in Stein, Gasröhren, Dachplatten. Mit Bleipapier dürfen Eßwaren nicht eingewickelt werden, weil Blei ein giftiges Metall ist.

Das wichtigste Bleierz, welches wegen seiner glänzenden, grauen Farbe Bleiglanz heißt, kommt sehr häufig vor; darum ist das Blei ein billiges Metall.

d) Das weißgraue, starkglänzende **Zink** wird meistens als Zinkblech verwendet.

Dachplatten, Dachrinnen, Badewannen, Eimer, Särge, Statuetten, Dachverzierungen. — Messing ist eine Mischung von Zink und Kupfer.

In reinem Zustande kommt das Zink nicht vor. Reiche Lager von Zinkerzen (Galmei) befinden sich in der Nähe von Aachen und in Schlesien.

e) Das **Zinn** ist dem Zink sehr ähnlich; es ist aber viel weicher als dieses, jedoch härter als Blei. Vermöge seiner Dehnbarkeit läßt es sich zu dünnen Blättern (Stanniol) auswalzen. Es schmilzt schon bei 230°. — Schmilz Zinn auf einem Kartenblatt! — Durch seine silberweiße Farbe, seine leichte Schmelzbarkeit und seine große Dehnbarkeit ist das Zinn ein geschätztes Metall geworden.

Schokolade, Tabak, feine Wurstwaren werden in Stanniol gewickelt. Warum nicht in Bleiblätter? — Weißblech ist verzinntes Eisenblech. — Gewinnung von Bronze. — Kupferne Kochgeschirre werden inwendig verzinnt, um die Bildung des giftigen Grünspanes zu verhüten. — Belegung von Spiegeln. — Zum Löten gebraucht der Klempner eine Mischung von Blei und Zinn.

Zinnerz findet man im Erzgebirge, in England und besonders auf der Insel Banca.

f) Weit und breit ist das **Nickel** bekannt, weil es zur Herstellung der 5 und 10 Pfennigstücke dient. Diese bestehen aus einer Mischung von Nickel und Kupfer. Es zeichnet sich durch seine weiße Farbe und seinen starken Glanz aus. Eiserne und kupferne Gegenstände werden vernickelt, um ihnen ein schöneres Aussehen zu geben.

Das Nickel gehört zu den seltenen Metallen; seine kupferrötlichen oder grünen Erze findet man hauptsächlich im Sächsischen Erzgebirge und im Harz.

g) Bei dem **Aluminium** fällt ganz besonders das geringe spezifische Gewicht auf, welches nur 2,6 beträgt. Dieses silberweiße Metall läßt sich wie das Eisen schmieden, schweißen und dehnen; es ist sehr fest und schmilzt schon bei 700°. Infolge dieser ausgezeichneten Eigenschaften wird es jetzt schon vielfach verwendet (Maschinenteile, Kochgeschirre, Schlüssel). Mit Kupfer vermischt, liefert es eine goldähnliche Bronze.

Man gewinnt es mit Hülfe starker elektrischer Ströme aus dem Lehm (Tonerde).

h) Die unter *a*) bis *g*) angeführten Stoffe sind **Metalle**. Sie besitzen alle gemeinschaftliche Merkmale, die sie auszeichnen. Zunächst fällt an ihnen der eigentümliche Glanz auf. Sie sind schmelzbar, dehnbar und gute Leiter der Wärme und der Elektrizität.

In uralter Zeit benutzten die Menschen nur steinerne Waffen und Geräte. Nach und nach lernten sie den hohen Wert der Metalle kennen, und zwar zunächst derjenigen, die gediegen auf der Erde vorkommen. Sie verfertigten zunächst Waffen und Geräte aus Kupfer, dann aus Bronze und später auch aus Eisen. Wenn auch in den Tiefen der Erde kein gediegenes Eisen vorkommt, so findet man doch hie und da auf der Erde kleinere und größere Stücke von metallischem Eisen (Meteoreisen), Bruchstücke von zerstörten Himmelskörpern, die auf unsern Planeten herunterstürzen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß aus diesem Meteoreisen die ersten eisernen Geräte durch Hämmern hergestellt worden sind.

§ 78. Der Schwefel.

a) Der Schwefel ist ein geschmack- und geruchloser fester Körper von blaßgelber Farbe. Er ist unlöslich im Wasser.

Wird der Schwefel erhitzt, so schmilzt er bei 111°; bei stärkerer Erhitzung wird er dunkelbraun und dickflüssig. Gießt man dickflüssigen Schwefel in einem dünnen Strahle in kaltes Wasser, so erstarrt er zu einer gummiartigen, elastischen Masse, die aber bald wieder spröde wird.

Bei 440° siedet der Schwefel. Leitet man die braungelben Schwefeldämpfe in ein kühles Gefäß (Fig. 265), so verdichten sie sich zu einem sehr feinen gelben Mehle, den **Schwefelblumen.**

Erhitzt man Schwefel in einem offenen Gefäße, so tritt nach dem Schmelzen bald Entzündung ein. Der Schwefel brennt mit einer blauen, nichtleuchtenden Flamme; aus derselben steigt ein stechend riechendes Gas auf, welches zum Husten reizt.

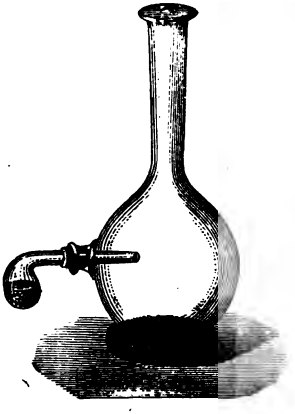


Fig. 265.

b) Der Schwefel kommt, mit Erde und Steinen vermischt, in großer Menge in vulkanischen Gegenden vor. In Süditalien und Sizilien wird die schwefelhaltige Erde in Öfen (Fig. 266) erhitzt; die Schwefeldämpfe treten in eine gemauerte Kammer, wo sie sich abkühlen. So entstehen **Schwefelblumen.** Werden aber die Kammerwände erwärmt, so verdichten sich die Dämpfe zu flüssigem Schwefel, welcher in kegelförmige Holzformen abgezapft wird. Auf diese Weise erhält man **Stangenschwefel.**

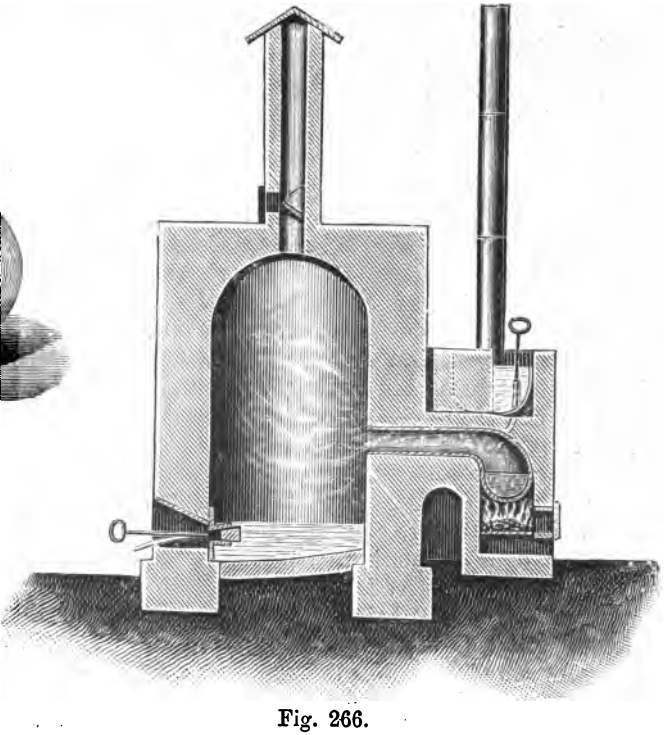


Fig. 266.

c) **Verwendung:** Herstellung von Streichhölzern und Schwefelfäden (Faßbrand). Pulverfabrikation. Einkitten von Eisen in Stein. Bekämpfung von Rebenkrankheiten durch Bespritzen der Pflanzen mit Schwefelblumen.

§ 79. Mischung und chemische Verbindung.

a) Feines Eisenpulver und Schwefelblumen werden miteinander innig vermengt. Mit dem bloßen Auge kann man die einzelnen Eisen- und Schwefelteilchen nicht mehr gut voneinander unterscheiden. — Wird ein Teil dieses Pulvers mit Wasser in einem geschlossenen Glase geschüttelt, so setzt sich, nachdem das Gefäß ruhig hingestellt worden ist, das Eisen zuerst ab, während der Schwefel sich langsam auf dem Eisen ablagert; warum? — Mit Hülfe eines Magnets kann man ebenfalls Eisen und Schwefel voneinander trennen.

In einer Mischung von gepulvertem Zucker und fein gemahlener Kreide kann das Auge die beiden Stoffe nicht unterscheiden. Wird die Mischung mit Wasser geschüttelt, so löst sich der Zucker auf (Prüfung durch den Geschmack), während die Kreide sich auf dem Boden des Glases absetzt.

Bei einer Mischung kann man die einzelnen Stoffe leicht voneinander trennen.

b) Eine Mischung von Eisenpulver und Schwefel (Gewichtsverhältnis 7 : 4) wird in einem Glasröhrchen erhitzt. Die Mischung fängt plötzlich an zu glühen, und ein neuer, schwarzgrauer Körper ist entstanden. Weder durch den Magneten noch durch Schlemmen mit Wasser können Eisen und Schwefel getrennt werden.

Ersetzt man das Eisen durch Kupfer, Zinn oder Blei, so erhält man durch Erhitzen der Mischung einen neuen Stoff, in welchem die vermischten Stoffe nicht mehr zu erkennen sind. — Der neue Körper brennt nicht wie der Schwefel. Er läßt sich leicht in kleine Stücke zerreiben, während die angeführten Metalle nicht spröde sind.

Durch Erhitzen einer Mischung von Schwefel und eines Metalles entsteht ein neuer Körper, welcher weder die Eigenschaften des Schwefels noch die des Metalles besitzt. Der Vorgang heißt **chemischer Vorgang,** der neu entstandene Körper ist eine **chemische Verbindung.**

Die vier erhaltenen chemischen Verbindungen heißen Schwefeleisen, Schwefelkupfer, Schwefelzinn und Schwefelblei.

Um den chemischen Vorgang (Bildung von **Schwefelmetallen**) herbeizuführen, ist **Wärme** nötig. Das Erglühen der Mischung im Röhrchen zeigt, daß bei der **Bildung einer chemischen Verbindung Wärme,** sogar **Licht** entsteht.

Die chemische Verbindung Schwefeleisen ist ein zusammengesetzter Körper; Eisen und Schwefel hingegen sind einfache Körper, da der eine nur aus Eisenteilchen, der andere nur aus Schwefelteilchen besteht. Einfache Körper werden **Elemente** genannt. Alle Metalle sowie der Schwefel sind Elemente.

Die **Chemie** ist die Lehre von den Elementen und ihren Verbindungen.

c) Schwefeleisen, Schwefelkupfer und Schwefelblei kommen in der Natur als Erze vor.

Das erste, wegen seiner Härte (es ritzt Glas) auch **Eisenkies genannt,** besitzt Metallglanz und eine hellgelbe Farbe. Man findet den Eisenkies häufig in allen Erz führenden Gebirgen.

Das natürliche Schwefelkupfer heißt **Kupferkies.** Das goldgelbe Erz zeigt oft an der Oberfläche prächtige Regenbogenfarben. Vorkommen: Harz, Erzgebirge, Schlesien, Vogesen, Amerika. Das Kupfer wird meistens aus diesem Erz gewonnen.

Das Schwefelblei besitzt Silberfarbe und hohen Glanz, deshalb wird es **Bleiglanz** genannt. Es ist das wichtigste Erz für die Gewinnung von Blei und ist oft silberhaltig. In den Erz führenden Gebirgen der Erde kommt es in großer Menge vor.

§ 80. Die seltenen Metalle.

a) Das **Gold** ist das wertvollste aller Metalle. Es besitzt außer seiner schönen gelben Farbe die höchste Dehnbarkeit; denn es läßt sich zu haarfeinen Drähten ausziehen und zu äußerst dünnen Blättchen (Goldschaum) ausschlagen, von welchen 10.000 aufeinander gelegt nur eine Dicke von 1 *mm* haben. Sein spezifisches Gewicht ist 19,5; es ist also das schwerste der bekannteren Metalle. Das Gold schmilzt bei 1200°.

Es wird hauptsächlich zu Münzen und Schmucksachen verwendet. Da es aber ziemlich weich ist, wird es mit Kupfer zusammengeschmolzen. — Feingehalt der Goldmünzen 0,900. — 18karätiges Gold hat 0,750 Feingehalt. — Ein Kilogramm reines Gold hat einen Wert von 2784 M. Weil dieser Preis nicht schwankt, ist das Gold ein Wertmesser für alle andern Dinge geworden. Goldwährung.

Das Gold kommt nur in reinem (gediegenem) Zustande vor. Die wichtigsten Fundorte sind: Kalifornien, Australien, Süd-Afrika, Kanada. — Durch Verwitterung der Gold führenden Gesteine gelangt das Metall in Körnchen oder kleinen Blättchen in den Sand der Flüsse. Aus den Ablagerungen dieser Flüsse wird es dann meistens durch Schlämmen gewonnen.

b) Unter allen Metallen ist das **Silber** durch die rein weiße Farbe und den höchsten Glanz ausgezeichnet. Es schmilzt bei 1000° und ist sehr dehnbar (Silberdraht, Silberschaum). Seine Härte ist zwar etwas größer als die des Goldes; um aber die silbernen Gegenstände vor zu rascher Abnutzung zu schützen, vermischt man das Silber mit Kupfer.

Am häufigsten kommt das Silber in gediegenem Zustande oder im Bleiglanze vor. Man findet es hauptsächlich in den Vereinigten Staaten, in Mexiko, Bolivia und Chile. In Deutschland haben Freiberg in Sachsen und Andreasberg im Harz altberühmte Silberbergwerke.

Verwendung: Münzen (0,900 Feingehalt), Schmucksachen, Tafelgeschirr, Bestecke, Neusilber.

c) Das seltenste und schwerste Metall (spezifisches Gewicht 21) ist das **Platin.** Es ist sehr dehnbar, von silberweißer Farbe und im stärksten Kohlenfeuer unschmelzbar, denn sein Schmelzpunkt liegt über 2000°. Man findet es gediegen in Gestalt von Körnchen im Ural.

Verwendung: Das Urmeter und das Urkilogramm sind aus Platin. Die Drähte, welche den elektrischen Strom in die Glühlampen leiten, feine Tiegel und Bleche für Chemiker, Edelsteinfassungen werden aus Platin verfertigt.

d) Das **Quecksilber** ist das einzige Metall, welches bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist. Es zeichnet sich aus durch seine silberweiße Farbe, seinen hohen Glanz, sein hohes spezifisches Gewicht = 13,6 und seine starke und regelmäßige Ausdehnung beim Erwärmen. Kleine Mengen bilden Tropfen wegen der bedeutenden Kohäsion. Es erstarrt bei — 39°

und verdampft schon bei gewöhnlicher Temperatur; seine Dämpfe sind sehr giftig.

Alle Metalle, mit Ausnahme von Eisen, sind im Quecksilber löslich und bilden mit ihm einen breiartigen Körper, den man **Amalgam** nennt. Das Quecksilber wird in eisernen Flaschen versendet.

Verwendung: Füllung von Barometern und Thermometern. Zinnamalgam dient zum Belegen der Spiegel.

Das Quecksilber kommt als Schwefelmetall (**Zinnober**) hauptsächlich bei Idria (Krain), Almadén (Spanien) und in Kalifornien vor. Der Zinnober ist ein erdiges Erz von dunkelroter Farbe.

e) Drei eigentümliche Metalle, welche niemals gediegen in der Natur vorkommen, sind das **Magnesium**, das **Kalium** und **Natrium**. Alle drei sind von silberweißer Farbe; die letzteren sind weich, so daß man sie mit den Fingern kneten kann. Das Magnesium wird aus der Bittererde, das Natrium aus dem Kochsalz und das Kalium aus den Abraumsalzen von Staßfurt gewonnen. — Alle drei zeichnen sich durch ihre Leichtigkeit aus; Kalium und Natrium schwimmen auf dem Wasser, wobei sie verbrennen, das 1. mit violetter, das 2. mit gelber Flamme. (Man legt ein Stückchen Natrium auf ein Stück Fließpapier, welches auf Wasser schwimmt.)

Ein Stückchen Magnesiumband verbrennt, wenn es mit dem einen Ende in eine Flamme gehalten wird, mit blendend weißem Lichte. — Hält man zwischen das Magnesiumlicht und einen weißen Schirm eine angezündete Kerze, so erscheint auf dem Schirm der Schatten der Kerzenflamme. — Magnesiumstaub in eine Flamme gestreut, verbrennt blitzschnell: Blitzlicht der Photographen. — Magnesiumfackeln. — Kalium und Natrium haben bis jetzt keine Verwendung gefunden.

II. Die Luft.

§ 81. Veränderung der Metalle an der Luft.

a) Eisen, Kupfer, Blei, Zink und Zinn, welche längere Zeit der Luft ausgesetzt bleiben, erleiden eine wesentliche Veränderung an ihrer Oberfläche; diese verliert nämlich nach und nach die ursprüngliche Farbe und den Glanz. Am schnellsten gehen diese Veränderungen am Kalium und Natrium vor sich: **Die Metalle rosten an der Luft.**

Der Eisenrost ist ein rotbraunes Pulver; Blei, Zink und Zinn überziehen sich mit einer grauen Haut; das Kupfer nimmt eine dunklere Färbung an, wird nach und nach schwarz und schließlich grün.

b) Wird die Oberfläche eines polierten eisernen Gegenstandes mit einer feinen Öl- oder Fettschicht überzogen, so rostet das Metall nicht. — Ein zwischen zwei Glasplatten eingeschlossenes Stanniolblatt zeigt nach längerer Zeit noch den lebhaften Glanz des Zinnes. — Die unter Petroleum durchgeschnittenen Kalium- und Natriumstücke haben glänzende Schnittflächen.

Werden die Metalle von der Luft abgeschlossen, so entsteht kein Rost.

Wie schützt man Maschinenteile und Waffen vor dem Rosten? — Warum werden eiserne Türen, Pfosten, Balken etc. mit Ölfarbe angestrichen oder lackiert? — Stanniolblätter werden zwischen fest aufeinanderliegenden Papierblättern auf-

bewahrt. — Eisendraht wird mit dem langsam rostenden Zink überzogen. — Eisernes Küchengerät wird verzinnt (Weißblech), weil Zinn weniger leicht rostet als Eisen. — Feine Messinginstrumente werden mit einem durchsichtigen Lack überzogen.

c) Die **Rostbildung** geht viel **rascher** vor sich, wenn die Metalle an der Luft **erhitzt** werden.

Eisen läuft bunt an und überzieht sich schließlich mit einer grauschwarzen, leicht abfallenden Schicht. — Das Kupfer zeigt zunächst prachtvolle Regenbogenfarben und wird nach und nach schwarz. Taucht man es rasch in Wasser, so springt die schwarze Schicht ab. — Blei schmilzt, und seine Oberfläche überzieht sich mit einer grauen Haut, die allmählich gelb wird.

Wird ein Stückchen Natrium in einem eisernen Löffel erhitzt, so schmilzt es und verbrennt mit gelber Flamme. Nach dem Verbrennen ist der Löffel mit einer weißen Schicht (Natriumrost) bedeckt. Magnesium verbrennt mit blendend weißer Flamme, weißer pulveriger Magnesiumrost bleibt zurück.

d) Wird ein Kupferblatt so zusammengefaltet, daß die Innenflächen sich genau berühren, und dann zwischen zwei kleinen Metallplatten erhitzt, so erleidet das Kupfer an der Innenseite keine Veränderung.

Bei dem **Erhitzen der Metalle** entsteht **kein Rost,** wenn sie von der **Luft abgeschlossen** sind.

e) Ein kleiner Hufeisenmagnet, der an seinen Polen feines Eisenpulver trägt, wird an einer Wage aufgehängt. Nachdem das Gleichgewicht hergestellt worden ist, wird das Eisenpulver mit einer kleinen Flamme erhitzt. Nach einigen Minuten zeigt die Wage einen deutlichen Ausschlag. Der Arm, an dem der Magnet aufgehängt ist, senkt sich nach unten; das Pulver wiegt also jetzt mehr als vorher. (Fig. 267.)

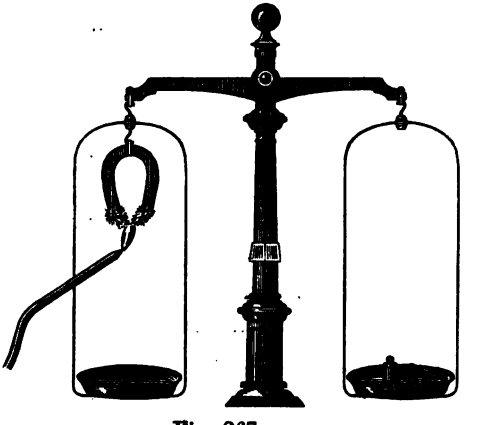


Fig. 267.

In ein schwer schmelzbares Glasrohr schiebt man ein Stück Magnesiumband von ungefähr 40 *cm* Länge, das man zu einem lockeren Knäuel zusammengerollt hat. Das eine Ende des Rohres wird mit einem Asbestpfropfen, das andere Ende mit einem durchbohrten Kork, durch den ein Stück einer Glasröhre führt, verschlossen. Nachdem das Rohr gewogen worden ist, wird es an der Stelle, an der das Magnesium liegt, langsam erhitzt. Leitet man nun durch die Glasröhre im Kork einen Luftstrom, so fängt bald das Magnesium an zu brennen. Der Asbestpfropfen hält den weißen Rauch zurück. Nach dem Erlöschen des Magnesiums läßt man das Rohr erkalten und wiegt es noch einmal; die Wage zeigt eine Gewichtszunahme an.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich:

1. Die Metalle erleiden an der Luft eine Stoffveränderung.

2. Die entstandenen Stoffe (Rost) sind chemische Verbindungen, da sie ganz neue Eigenschaften haben.

3. Das Rosten ist ein chemischer Vorgang.

4. Der chemische Vorgang findet schon bei gewöhnlicher Temperatur statt; er verläuft rascher bei höherer Temperatur.

5. Die Selbstentzündung von Natrium und Magnesium bei höherer Temperatur zeigt, daß beim Rosten Wärme, oft sogar Licht entsteht.

6 Mit einer feinen Wage läßt sich nachweisen, daß der Rost mehr wiegt als das Metall.

Ein unsichtbarer Stoff aus der Luft muß also bei der Bildung des Rostes mitgewirkt haben.

§ 82. Zusammensetzung der Luft.

a) Um zu erfahren, in welcher Weise die Luft an der Bildung von Rost beteiligt ist, wird ein Stückchen Magnesiumdraht in einer abgeschlossenen Luftmenge verbrannt. Zum Absperren der Luft verwendet man eine Glocke, welche mit ihrem Rande ins Wasser taucht. (Fig. 268.) — Während das Magnesium verbrennt, steigt Wasser in die Glocke und füllt $^1/_5$ des Raumes aus. Taucht man nun eine brennende Kerze in das Gas, welches noch $^4/_5$ des ursprünglichen Raumes einnimmt, so erlischt das Licht. Dieses Gas kann also keine gewöhnliche Luft mehr sein.

Fig. 268.

Die Zusammensetzung der Luft läßt sich leichter durch folgenden Versuch nachweisen: Ein Reagenzröhrchen wird mit einem Kork, in dem ein kleines Blechlöffelchen steckt, luftdicht verschlossen. Man öffnet das Röhrchen, füllt das Löffelchen mit feinem Eisenpulver und erhitzt es bis zum Glühen in einer Flamme. Nun wird das Löffelchen mit dem Kork in das Röhrchen eingeführt und letzteres luftdicht verschlossen. Nachdem das Röhrchen kräftig geschüttelt worden ist, so daß das glühende Eisenpulver mit der eingeschlossenen Luft in innige Berührung gekommen ist, öffnet man das Röhrchen unter Wasser. Dieses dringt in das Röhrchen ein und erfüllt ziemlich genau $^1/_5$ seines Raumes.

Ergebnis: 1. Die Luft besteht aus zwei Gasen. Das eine nimmt an der Rostbildung nicht teil, erstickt brennende Körper und heißt deshalb **Stickstoff.** Das andere Gas geht mit den Metallen eine chemische Verbindung (Rost) ein und heißt **Sauerstoff.**

2. Die Luft ist eine Mischung von 4 Teilen Stickstoff und 1 Teil Sauerstoff.

3. Da der Sauerstoff auch den Namen **Oxygenium** trägt, nennt man die Verbindungen der Metalle mit dem Sauerstoff (Rost) **Oxyde.**

b) Merke die Farben der wichtigsten Oxyde: Eisenoxyd rotbraun, Kupferoxyd schieferschwarz, Zinkoxyd weiß, Zinnoxyd gelblichweiß, Bleioxyd gelb oder rot

(Bleiglätte und Mennigé); Kaliumoxyd (Kali), Natriumoxyd (Natron) und Magnesiumoxyd (Magnesia) weiß; Quecksilberoxyd ziegelrot.

Verwendung: Eisenoxyd als Poliermittel für Silber und Gold; Zinkoxyd als Malerfarbe; Bleiglätte dient zur Glasbereitung; Mennige ist die beste Deckfarbe für Eisen.

Die Oxyde kommen als Erze in der Natur vor.

Die wichtigsten sauerstoffhaltigen Eisenerze sind der Rot- und der Brauneisenstein (§ 77 *a*). — Das natürliche Zinnoxyd heißt Zinnstein (§ 77 *c*).

c) Ein Goldstück, welches längere Zeit in feuchter Erde gelegen hat, zeigt keine Oxydbildung, während ein ebenso behandeltes Eisenstück ganz verrostet ist. — Ein bis zur Weißglut erhitztes Platinblech besitzt nach dem Erkalten noch seine silberglänzende Oberfläche.

Gold, Platin, Silber sind **edle Metalle,** weil sie vom Sauerstoff der Luft nicht chemisch verändert werden.

Quecksilber und Aluminium bilden bei gewöhnlicher Temperatur keine Oxyde und werden deshalb **halbedle Metalle** genannt.

Alle anderen Metalle sind **unedle Metalle;** warum?

Rückblick.

1. Die **Sulfide** sind eine Klasse chemischer Verbindungen. Sie bestehen aus zwei Elementen (Schwefel und einem Metall). Die Verbindungen dieser beiden Elemente geht bei hoher Temperatur vor sich.

2. Die **Oxyde** (Roste) bilden eine andere Klasse der chemischen Verbindungen. Sie bestehen aus zwei Elementen: aus Sauerstoff und einem Metall. Sie entstehen langsam bei gewöhnlicher, schneller bei höherer Temperatur.

3. Die Sulfide und die Oxyde kommen als **Erze** in der Natur vor.

§ 83. Sauerstoff und Stickstoff.

a) Der **Sauerstoff** ist ein farbloses Gas, welches weder riecht noch schmeckt; mit unseren Sinnesorganen können wir ihn also nicht ohne weiteres wahrnehmen.

Zur Kenntnis seiner **Haupteigenschaften** gelangen wir durch folgende Versuche:

Fig. 269.

1. Ein glimmender Holzspan verbrennt im Sauerstoff mit glänzender Flamme.

2. Ein Stückchen Schwefel verbrennt in dem Gase lebhaft mit blauvioletter, leuchtender Flamme. (Vergleiche damit das Verbrennen in der Luft!) Ein stechend riechendes, zum Husten reizendes Gas entsteht, welches blaues Lackmuspapier rötet. (Fig. 269.)

Fig. 270.

3. Eine glühende Kohle verbrennt rasch mit hellem Glanze. Nach dem Erlöschen

bleibt ein Gas zurück, in welchem eine brennende Kerze sofort ausgeht, und welches blaues Lackmus rötet.

4. An das Ende einer Spirale aus feinem Eisendraht befestigt man ein Stückchen brennenden Zunder. Taucht man nun den Draht in Sauerstoff, so verbrennt er unter lebhaftem Funkensprühen. Es entstehen kleine Kügelchen von Eisenoxyd. (Fig. 270.)

5. In einem offenen, mit Sauerstoff gefüllten Gefäße kann man nach einiger Zeit mit Hülfe eines glimmenden Holzspanes nachweisen, daß der Sauerstoff nicht entwichen ist.

Zur Ausführung der Versuche 1—4 läßt man in den Zylindern noch etwas Wasser übrig. Schüttelt man kräftig die verschlossenen Zylinder, so lösen sich genügende Mengen von schwefeliger Säure und Kohlensäure auf, so daß sie leicht durch blaues Lackmuspapier nachgewiesen werden können. — Die saure Eigenschaft chemischer Verbindungen weist man durch Lackmus, einen blauen Farbstoff, der aus einer Flechtenart gewonnen wird, nach. Jede Säure rötet blauen Lackmus, eine Erfahrung die sich zunächst durch Anwendung bekannter Säuren: Essig, Zitronensäure, Saft unreifer Früchte, leicht gewinnen läßt. Da gewisse Säuren sehr giftig sind, prüft man nicht mit dem Geschmacksorgan, sondern verläßt sich auf den angegebenen Farbenwechsel des Lackmus, der ausnahmslos bei jeder Säure eintritt. — Bei Versuch 4 kühlt das Wasser im Zylinder die glühenden Eisenoxydtröpfchen ab, so daß das Glas nicht zerspringt.

Ergebnisse: 1. Aus dem Versuch 5 ergibt sich, daß der Sauerstoff schwerer ist als Luft.

2. Der Sauerstoff ist zum Verbrennen **unbedingt** notwendig.

3. Die durch Verbrennung von Schwefel und Kohle erhaltenen Gase sind chemische Verbindungen.

4. Da diese chemischen Verbindungen **sauer** schmecken, erhalten sie den Namen **Säuren.** (Daher der Name Sauerstoff.)

5. Die Verbindung von Schwefel und Sauerstoff heißt **schwefelige Säure,** die von Kohlenstoff und Sauerstoff **Kohlensäure.**

6. Die Säuren sind die dritte Klasse chemischer Verbindungen.

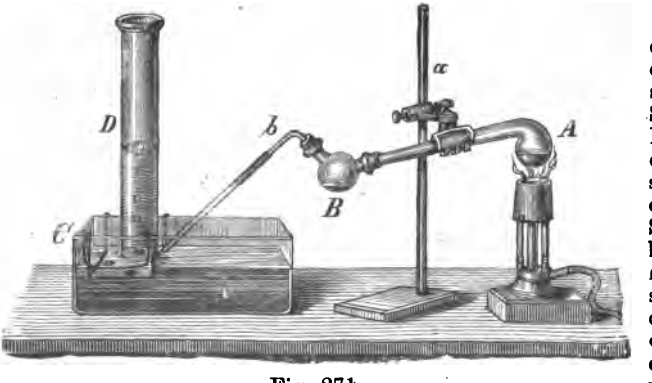


Fig. 271.

b) **Darstellung** des Sauerstoffs. — Da ein Oxyd eine chemische Verbindung von Sauerstoff und einem Metalle ist, so kann ein Oxyd zur Sauerstoffquelle werden. Da die Verbindung des Sauerstoffs mit dem halbedlen Quecksilber nur sehr schwer zustande kommt, so kann durch starkes Erhitzen des Quecksilberoxyds die Verbindung gelöst werden. Fig. 271, Retorte *A* mit dem Oxyd; was sammelt sich in der Vorlage *B*? Wie füllt man ein Gefäß (Zylinder *D*) mit Sauerstoff?

c) Der **Stickstoff** ist ebenfalls ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas; er kann also auch nicht unmittelbar wahrgenommen werden.

Brennende Körper erlöschen in ihm; er rötet aber nicht blauen Lackmus. (Unterschied zwischen Stickstoff und Kohlensäure.)

In der Luft wird die heftige Wirkung des Sauerstoffes durch die Beimischung von Stickstoff gemildert.

Beschreibe den Versuch Fig. 272! Warum ist es möglich, mit Hülfe einer in einem luftdicht abgeschlossenen Raume brennenden Kerze Stickstoff zu erhalten?

Wird bei dem in § 81 *e* beschriebenen 2. Versuche das Gas, welches während des Verbrennens des Magnesiums ausströmt, in einem mit Wasser gefüllten Zylinder aufgefangen, so erweist es sich bei näherer Untersuchung als Stickstoff. Warum?

Fig. 272.

III. Das Wasser.

§ 84. Lösliche und unlösliche Stoffe.

a) Wird Wasser erhitzt, so verwandelt es sich in Dampf; wird es unter 0^0 abgekühlt, so erstarrt es zu Eis. Wasserdampf, flüssiges Wasser, Eis sind verschiedene Körperzustände eines und desselben Körpers; Verdampfen, Erstarren, Schmelzen sind also physikalische Vorgänge.

b) Gutes Trinkwasser ist durchsichtig, farblos, ohne besonderen Geruch und Geschmack. Bringt man in das Wasser Sand, feine Gartenerde, Sägemehl, so wird das Wasser trüb bis undurchsichtig. Will man das Wasser von den beigemischten Stoffen trennen, so muß es filtriert werden. Durch die feinen Poren des Filtrierpapiers dringen die festen Körper nicht hindurch.

Stoffe, welche im Wasser unlöslich sind, werden von demselben durch Filtrieren getrennt.

c) Verdampft man Wasser auf einem Platinblech, so bleibt ein grauer Fleck zurück. — In Kochgefäßen aus Metall, in welchen häufig Wasser zum Sieden gebracht wird, setzt sich oft eine graue, harte Kruste an den Wänden fest. Dieses im Wasser gelöste Mineral ist **kohlensaurer Kalk** (kurzweg Kalk genannt); das kalkhaltige Wasser wird **hartes Wasser** genannt.

Hartes Wasser schmeckt erfrischend, perlt im Glase, kann aber nicht gut zum Waschen oder zum Kochen von Hülsenfrüchten verwendet werden.

Auch das klarste Trinkwasser ist also kein **reines Wasser.** Will man solches erhalten, so muß man gewöhnliches Wasser **destillieren** (§ 15 d, e). Destilliertes Wasser hinterläßt nach dem Verdampfen keinen Rückstand, es ist reines Wasser.

Löst man im Wasser feste Körper wie Kochsalz, blaues Kupfervitriol, orangerotes chromsaures Kalium auf, so kann man diese festen Körper leicht wieder durch Destillation der Lösung erhalten.

Stoffe, welche im Wasser löslich sind, werden von demselben durch Destillieren getrennt.

d) Löse Alaun, Salpeter, Kupfervitriol in kaltem Wasser auf, bis dasselbe gesättigt ist! Erwärme nun das Wasser: es nimmt neue Mengen dieser Salze auf. — Lasse die Lösung langsam erkalten: die gelösten Salze scheiden sich als Kristalle von bestimmter Gestalt aus. Je langsamer das Wasser verdunstet, desto größer und schöner werden die Kristalle.

§ 85. Die Bestandteile des Wassers.

a) Zu der Untersuchung, ob Wasser ein Element oder eine chemische Verbindung ist, kann die **Wärme** nicht zur Anwendung kommen, da sie nur Veränderungen des Körperzustandes des Wassers herbeiführt. Der **elektrische Strom** führt zum Ziel. Fig. 273 zeigt die Einrichtung eines **Wasserzersetzungsapparates.** Durch den Hals des Gefäßes führen die Leitungsdrähte des Stromes. Sie endigen in zwei Platinblättchen, den Elektroden. Zwei gleich große Glasröhrchen sind über die Elektroden gestülpt. Das Gefäß und die beiden Röhrchen sind mit (angesäuertem) Wasser gefüllt.

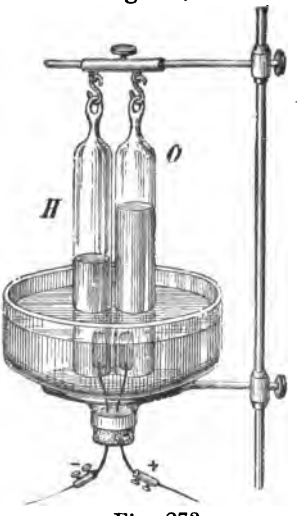


Fig. 273.

Läßt man in diesem Apparat den Strom auf das Wasser einwirken, so wird es in zwei Gase zerlegt. Die an der negativen Elektrode ausgeschiedene Gasmenge ist doppelt so groß, als die an der positiven Elektrode ausgeschiedene. Die Untersuchung des letzteren Gases mit einem glimmenden Span zeigt durch Aufflammen desselben, daß es **Sauerstoff** ist. Das an der negativen Elektrode ausgeschiedene Gas brennt mit blauer, kaum sichtbarer Flamme; es hat den Namen **Wasserstoff** erhalten.

Ergebnis: 1. Das Wasser ist eine chemische Verbindung.

2. Es besteht aus zwei Raumteilen Wasserstoff und einem Raumteil Sauerstoff.

b) **Der Wasserstoff.** Man erhält reichliche Mengen von Wasserstoff, wenn man in einer geeigneten Flasche (Fig. 274) Zink mit verdünnter Schwefelsäure übergießt. — Beschreibe die Einrichtung des Apparates! — Wie wird der Wasserstoff aufgefangen? Warum muß das Trichterrohr tief in die Flüssigkeit eintauchen?

1. Der Wasserstoff ist ein farb- und geruchloses Gas.

2. Er ist **viel leichter als Luft** ($14^1/_2$mal so leicht); denn wenn man einen mit Wasserstoff gefüllten Zylinder offen hinstellt, so ist nach kurzer Zeit das Gas vollständig verschwunden. — Seifenblasen, mit Wasserstoff gefüllt, steigen rasch in die Höhe.

3. Entzündet man den Wasserstoff, so verbrennt er mit einer **blauen, nichtleuchtenden Flamme.**

4. Hält man über den aus der Spitze der Glasröhre (Fig. 275) austretenden und brennenden Wasserstoff eine kalte Glasglocke, so setzen sich im Innern derselben Wassertropfen ab. **Beim Verbrennen des Wasserstoffes entsteht Wasser.**

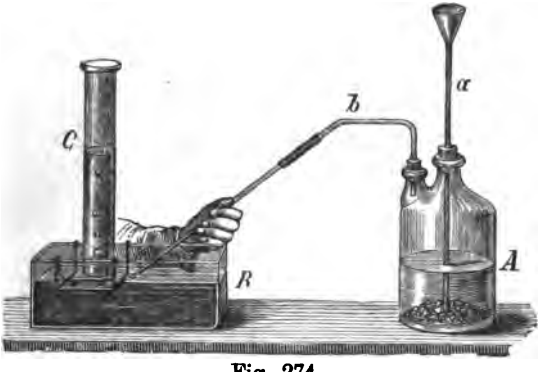


Fig. 274.

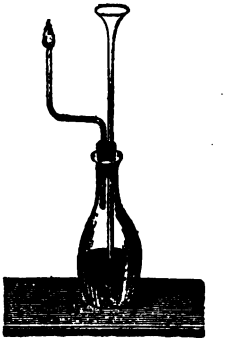


Fig. 275.

5. Führt man eine brennende Kerze in einen umgekehrt gehaltenen und mit Wasserstoff gefüllten Zylinder (Fig. 276), so erlischt die Kerze. **Der Wasserstoff erstickt brennende Körper.**

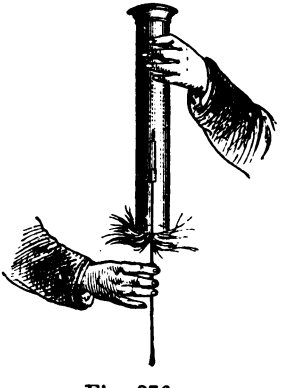


Fig. 276.

6. Eine Mischung von Wasserstoff und Sauerstoff explodiert beim Entzünden mit oft furchtbarer Heftigkeit (Knallgas).

Vorsicht! Will man Wasserstoff entzünden, so muß man zuerst untersuchen, ob er rein ist. Fange deswegen eine kleine Menge auf! Entsteht ein kurzer, dumpfer Knall beim Entzünden, so ist das Gas rein; hört man aber einen pfeifenden Knall, so ist das Gas noch mit Luft vermischt und darf noch nicht entzündet werden.

c) Der Wasserstoff kommt nicht rein in der Natur vor. Da die tierischen und pflanzlichen Körper (organische Körper) wasserhaltig sind, so ist leicht einzusehen, daß der Wasserstoff mit dem Sauerstoff ein wesentlicher Bestandteil der organischen Körper ist. Man verwendet ihn zum Füllen von Luftballons. — Verwechsle nicht Wasserstoff mit Wasserdampf! Gib den Unterschied an!

IV. Der Kohlenstoff.

§ 86. Der reine Kohlenstoff.

a) Die Kohle, die man täglich als Stein- oder Holzkohle zum Heizen verwendet, ist kein Element; denn verbrennt man sie, so bleibt eine

erdige Asche übrig. Man bekommt reinen Kohlenstoff, wenn man in die Flamme einer Kerze oder einer leuchtenden Gasflamme einen kalten Körper hält. Der sich absetzende schwarze Stoff, der **Ruß**, ist reiner Kohlenstoff.

Der Ruß wird im großen durch Abkühlen großer Petroleumflammen mit eisernen Platten gewonnen. Er ist ein wichtiger schwarzer Farbstoff und wird außerdem zur Herstellung von Wichse, Buchdruckerschwärze, Tusche gebraucht.

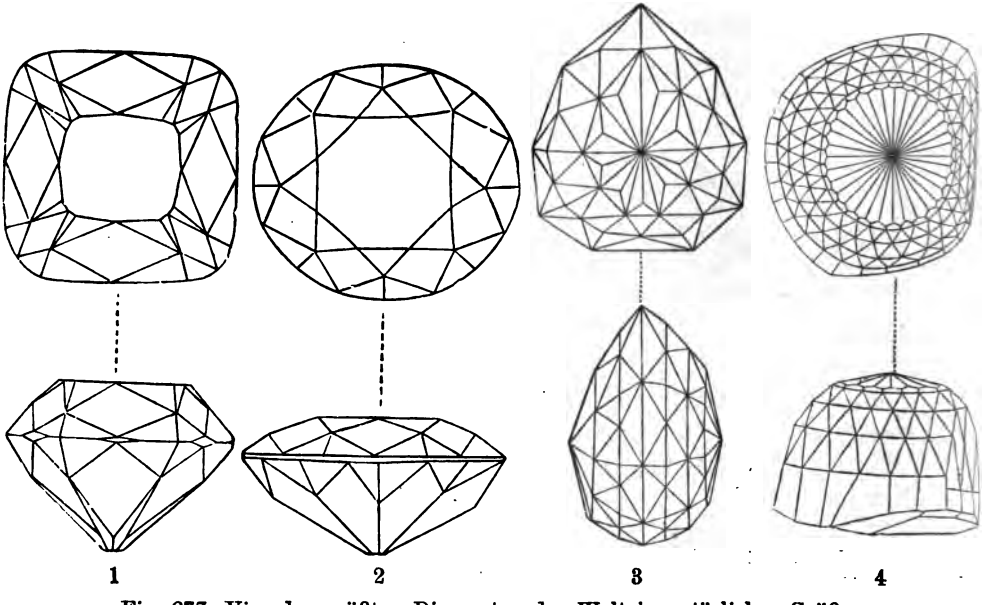


Fig. 277. Vier der größten Diamanten der Welt in natürlicher Größe. (Von oben und von der Seite betrachtet.)

1. Der Regent im französischen Schatze. 2. Der Koh-i-noor im englischen Schatze. 3. Der Florentiner im österreichischen Schatze. 4. Der Orlow auf dem russischen Szepter.

b) Zwei in der Natur vorkommende Mineralien, der **Diamant** und der **Graphit**, sind ebenfalls reiner Kohlenstoff.

Der **Graphit** ist ein grauschwarzes, metallisch glänzendes Mineral. Er fühlt sich fettig an und ist so weich, daß er auf Papier abfärbt. Er ist unschmelzbar.

Diese wichtigen Eigenschaften haben zu mancherlei Anwendungen des Graphits geführt. Wegen seines Glanzes dient er als Ofenwichse und als Malerfarbe. Weil er sehr weich ist, werden die Bleistifte daraus verfertigt. Erkläre den Namen Bleistift! — Es werden Schmelztiegel aus Graphit hergestellt. Welche Metalle werden darin zum Schmelzen gebracht? — Mit Öl vermischt liefert der Graphit ein gutes Schmiermittel für Maschinen, Fahrradketten. Man findet ihn nicht allzuhäufig in Bayern, Böhmen, Sibirien und Nordamerika.

c) Der schönste aller Edelsteine, der **Diamant**, besteht aus reinem Kohlenstoff. Es geht daraus hervor, daß ein und dasselbe Element in

wesentlich verschiedenen Formen vorkommen kann, daß also die physikalischen Eigenschaften wie **Härte, Farbe,** Durchsichtigkeit, spezifisches Gewicht, Gestalt, wechseln können.

Der Diamant ist das härteste Mineral und besitzt den höchsten Grad der Durchsichtigkeit. Meistens ist er farblos; jedoch findet man auch gelbliche, rötliche, blaue und ganz schwarze Diamanten. Obgleich er sehr hart ist, kann er doch wegen seiner Sprödigkeit leicht zu Pulver zerstoßen werden. — Das Blitzen der Diamanten rührt von dem hohen Lichtbrechungsvermögen her; das weiße Tages- oder Lampenlicht wird in die Regenbogenfarben zerlegt. Diese Eigenschaft erhält der Diamant erst durch das Schleifen.

Die Diamanten werden als Brillanten (Fig. 277, 1 und 2) und als Rosetten (Fig. 277, 4) geschliffen. Die einzelnen Facetten stellt der Schleifer dadurch her, daß er den rohen Diamanten gegen eine schnell rotierende Scheibe drückt, die mit Diamantpulver bestreut ist.

Die schönen Diamanten, die je nach Größe und Reinheit (Wasser) manchmal ungeheure Preise erreichen, dienen als Schmuckstein. Fig. 277 zeigt die vier schönsten und größten Diamanten in natürlicher Größe.

Fig. 278. Diamant im Muttergestein.
(Griqualand in Südafrika.)

Wegen der Härte gebraucht man den Diamanten zum Schneiden von Glas. Steinsägen haben Zähne, Steinbohrer Spitzen aus schwarzen Diamanten.

Brasilien und Südafrika liefern jetzt die meisten Diamanten; früher kamen sie hauptsächlich aus Indien zu uns.

Daß der Diamant, der Graphit und Ruß reiner Kohlenstoff sind, wird bewiesen, indem man sie in einem mit Sauerstoff gefüllten Gefäß verbrennt. Es entsteht nur Kohlensäure, Asche bleibt keine übrig.

§ 87. Die Kohle.

a) Erhitzt man in einem eisernen Löffel weißen Zucker, so wird er zunächst flüssig, bald aber ändert er seine Farbe; er wird schwarz, und brennbare Gase steigen auf. Schließlich bleibt eine glänzend schwarze, blätterige Kohle übrig.

Dieselbe Erscheinung nehmen wir wahr, wenn wir Mehl, Fleisch, Brot usw. erhitzen.

Alle organischen Körper enthalten Kohlenstoff.

Durch starkes Erhitzen gewinnt man aus zwei Stoffen, nämlich aus **Holz** und aus **Knochen,** künstliche Kohlen.

Die **Holzkohle** ist schwarz, leicht und verbrennt ohne Flamme, sie glüht nur; dabei erzeugt sie eine hohe Temperatur. Man gebraucht sie noch ziemlich oft zum Erhitzen von Bügeleisen, zum Braten am Spieß und zum Warmhalten der Speisen.

Fig. 279.

Man gewinnt sie in Kohlenmeilern. Tannen- oder Buchenholz, in dünne Scheite zerschlagen, wird zu einem großen, halbkugeligen Haufen aufgeschichtet, der mit Rasen bedeckt wird. Im Innern des Meilers wird ein Teil des Holzes verbrannt; die dadurch entstehende Wärme genügt, um den übrigen Teil zu verkohlen. (Fig. 279.)

Die durch Erhitzen der Knochen erhaltene **Tier-** oder **Knochenkohle** ist tiefschwarz und sehr porös. Sie besitzt ein sehr großes Aufsaugungsvermögen und bindet die in einer Flüssigkeit enthaltenen Farb- und Riechstoffe. Aus diesem Grunde ist sie ein äußerst wichtiges Filtriermittel.

Schüttelt man Rotwein mit Knochenkohle, so erhält man nach dem Filtrieren einen farblosen Wein. — Filtriere durch Knochenkohle das übel riechende, grünliche Wasser aus Blumenvasen! Prüfe das Wasser nach dem Filtrieren!

In der Industrie gebraucht man Knochenkohle zum Klären des rohen Zuckersaftes. — Das aus einem Fluß geschöpfte Trinkwasser sollte stets durch Knochenkohle filtriert werden.

b) Viel wichtiger als die **künstlichen Kohlen** sind die **natürlichen Kohlen,** die in ungeheueren Mengen mehr oder minder tief im Erdboden vorkommen. Man unterscheidet Anthrazit, Steinkohle, Braunkohle und Torf.

1. Der **Anthrazit** ist eine glänzend schwarze Kohle, die in besonderen Öfen (Dauerbrennern, amerikanischen Öfen) verbrannt wird. Da er beim Verbrennen nur glüht, so setzt er keinen Ruß ab. Anthrazit ist das wichtigste Heizmaterial für Wohnzimmer. Man findet ihn an der Ruhr, bei Aachen, in Belgien.

2. Die **Steinkohle** ist mit vollem Recht „schwarzes Gold" genannt worden. Ohne sie würden wir kein geeignetes Heizmittel für unsere Dampfmaschinen haben; nur mit ihrer Hülfe gelingt es, die wichtigsten Metalle aus ihren Erzen zu gewinnen. Sie liefert das als Beleuchtungs- und Heizmittel so wichtige Leuchtgas. Der Steinkohle und dem Eisen sind die raschen und ungeheueren Fortschritte in der Kultur der Menschheit seit einem Jahrhundert zu verdanken, und wo man, wie in Westfalen, in der Rheinprovinz, in Schlesien, diese beiden Stoffe in großer Menge findet, da blüht überall die deutsche Industrie.

Tief unten in der Erde liegt die Steinkohle, oft mächtige Lager bildend. Durch einen tiefen, senkrechten Schacht gelangen die Bergleute vermittelst eines Fahrstuhles in das Bergwerk. Die wagerecht in den Kohlenlagern verlaufenden Gänge heißen Stollen. Hier bricht der Bergmann die Kohle mit der Hacke (Fig. 280); auf kleinen Karren (Hunden) wird sie nach dem Förderschacht gefahren und dort durch Aufzugsmaschinen nach oben geschafft. Der Bergmann ist großen Gefahren

ausgesetzt: oft geben die Stollen dem gewaltigen Druck der über ihnen lastenden Erdschichten nach und stürzen ein; unterirdische Wassermassen brechen in das Bergwerk ein und überschwemmen es; die meisten Unglücksfälle werden aber durch die schlagenden Wetter hervorgerufen. (§ 91 *f.*)

Gib die wichtigsten Fundorte der Steinkohlen in Deutschland, in den außerdeutschen Ländern an! — Warum ist die Steinkohle kein Element? — Welches sind die wichtigsten Anwendungen der Steinkohlen? — Gib Farbe und Härte der Steinkohle an! — Warum eignet sie sich nicht zum Heizen der Wohnräume?

Entstehung der Steinkohle.

In den grauen Schieferschichten, zwischen denen sich die Steinkohlenlager ausbreiten, findet man häufig deutliche Abdrücke von Blättern und anderen Pflanzenteilen; auch vollständige, wohlerhaltene, verkohlte Bäume kommen vor. Es geht daraus untrüglich hervor, daß die Steinkohlen

Fig. 280. Im Kohlenbergwerk. (Arbeit im Stollen unter Tag.)

aus Pflanzen entstanden sind, die in einer früheren Erdperiode wuchsen und grünten. — Diese Pflanzen gehören alle der Klasse der Kryptogamen an und sind mit den heutigen Farnen und Bärlappgewächsen am nächsten verwandt. Riesenhafte Schachtelhalme, baumförmige Farne, die seltsamen Schuppen- und Siegelbäume bildeten in den sumpfigen Niederungen ausgedehnte Waldungen. Durch das Dickicht schlich träge ein meterlanges Tier, halb Molch, halb Eidechse: der Ursaurier; das Heer der Gliedertiere war vertreten durch Käfer, Schaben, Tausendfüßer und Spinnen. Im Wasser lebten neben gepanzerten Fischen, Muscheln und Korallen mannigfaltiger Art. — Infolge der Senkung des Bodens wurden diese Wälder überschwemmt; das Meer führte Sand und Geröll

Fig. 281. Steinkohlenflora. Links vorne ein Schuppenbaum, dahinter Farne. Rechts vorne Siegelbäume, in der Mitte Schachtelhalme (nach Potonié).

herbei, und langsam wurden die Pflanzenmassen samt den Tieren begraben. Der ungeheuere Druck der auf den Pflanzenleichen lastenden Erdschichten erzeugte Wärme, welche nach und nach eine Verkohlung herbeiführte.

3. Jünger als die Steinkohle ist die **Braunkohle.** Sie ist von braunschwarzer Farbe, erdig und brennt schwer mit stark rußender Flamme. Manchmal zeigt sie noch deutlich die Faserung des Holzes. Sie entstand aus Nadelhölzern auf dieselbe Weise wie die Steinkohle.

Wichtige Braunkohlenlager findet man in der Provinz Sachsen, in Brandenburg, Hessen-Nassau, Hannover und dem Elsaß.

Man benutzt die Braunkohle meistens zur Herstellung von Brikets. Wozu gebraucht man diese?

Die Braunkohlenlager sind deshalb von außerordentlicher Bedeutung, weil man in ihnen zwei sehr wichtige Stoffe findet: Erdöl oder Petroleum und Asphalt oder Erdpech (§ 92).

Die Vereinigten Staaten Nordamerikas liefern jährlich rund 260 Millionen Tonnen Kohlen (Anthrazit, Stein- und Braunkohlen); dann folgt England mit rund 230 Millionen Tonnen. Erst an dritter Stelle kommt Deutschland, das jährlich rund 150 Millionen Tonnen mit einem Gesamtwert von 1 Milliarde Mark liefert. In Österreich-Ungarn und Frankreich werden zwischen 30—40 Millionen, in Belgien nur ungefähr 25 Millionen Tonnen gewonnen.

Die deutschen Kohlenlager liegen am tiefsten unter der Erdoberfläche, nämlich zwischen 400 und 1400 Meter. Man ist beim Abbau erst bis zu 1000 Meter Tiefe vorgedrungen; die tiefer liegenden Schichten reichen noch für weitere Jahrhunderte aus. In England sind die zwischen 200 bis 600 Meter Tiefe gebetteten Lager schon so stark ausgebeutet, daß sie vermutlich schon im Laufe dieses Jahrhunderts erschöpft sein werden. In Amerika befinden sich die unermeßlichen Kohlenlager nahe unter der Erdoberfläche, was die Gewinnung leichter und billiger gestaltet.

4. Die jüngste Kohle, die noch heutzutage fortwährend vor unsern Augen entsteht, ist der **Torf**, eine gelbliche oder braune, mulmige oder faserige Masse, welche schwer brennt und dabei dicken, übelriechenden Rauch entwickelt.

Besonders reich an Torflagern sind die Niederungen der Küstenländer der Nordsee. Der Torf entsteht aus einer eigentümlichen Moosart, dem Torfmoos, welches vom Ufer her langsam den Spiegel ruhender Gewässer überwuchert. Wird diese Pflanzendecke zu schwer, so sinkt sie auf den Boden des Gewässers, wo nach und nach eine teilweise Verkohlung vor sich geht. Da immer neue Moosschichten einbrechen und untersinken, so vertorft allmählich der Teich: er ist in ein Torfmoor umgewandelt. Mit Spaten stechen die Torfgräber Stücke von Backsteingröße aus und setzen sie zum Trocknen der Luft aus. Für kohlen- und holzarme Gegenden ist der Torf als billiges Brennmaterial sehr wichtig. Für die Landwirtschaft hat er großen Wert, weil er das beste Streumittel für die Haustiere ist.

V. Die Verbrennung.

§ 88. Langsame und rasche Verbrennung. Der Phosphor.

a) Die unedlen Metalle rosten an der Luft, d. h. sie nehmen Sauerstoff auf. Das Oxyd wiegt mehr als das Metall, aus dem es entstanden ist. Dieser Vorgang ist eine langsame Verbrennung. Sie geht

bei gewöhnlicher Temperatur vor sich und erzeugt kein Licht und nur geringe Wärme. — Bei der langsamen Verbrennung von Kalium und Natrium kann man die entstehende Wärme fühlen.

Bei hoher Temperatur tritt eine **rasche Verbrennung** ein. Die verbrennenden Körper **glühen**, wenn sie feste Körper sind und beim Verbrennen fest bleiben. Sind die verbrennenden Körper aber Gase, oder verwandeln sie sich beim Verbrennen in Dämpfe, so entsteht eine **Flamme**.

Verbrennender Wasserstoff erzeugt Wasser. Verbrennt man Schwefel oder Kohlenstoff in Sauerstoff, so verschwindet derselbe, und das Gefäß ist mit schwefeliger Säure oder Kohlensäure angefüllt. — Welches ist das Ergebnis der raschen Verbrennung der wichtigsten Metalle, und wie verläuft dieselbe? Auch bei der raschen Verbrennung entsteht also eine **Verbindung mit Sauerstoff**. Wodurch unterscheidet sich die langsame von der raschen Verbrennung? Warum brennt Wasser nicht?

Da bei der Verbrennung die Elemente sich mit Sauerstoff verbinden und der Sauerstoff auch den Namen Oxygenium trägt, so wird in der Chemie die Verbrennung als **Oxydation** bezeichnet. Man unterscheidet also eine langsame und eine rasche Oxydation.

b) Die bei der langsamen Verbrennung entstehende Wärme kann allmählich so groß werden, daß die langsame Verbrennung in eine rasche übergeht.

Am leichtesten kann man diese Erfahrung an einem eigentümlichen Element, dem **Phosphor**, machen.

Der Phosphor ist ein wachsweicher Körper von gelblicher Farbe. — Setzt man ein Stück Phosphor der Luft aus, so treten weiße, im Dunkeln leuchtende Nebel auf, welche knoblauchartig riechen und blauen Lackmus röten. Es geht eine langsame Verbrennung vor sich, die Nebel sind **Phosphorsäure**.

Der Phosphor verbindet sich also sehr leicht mit dem Sauerstoff. Die Berührung mit einem warmen Draht genügt, um eine rasche, von einer glänzend weißen Flamme begleitete Verbrennung herbeizuführen. Geschieht dieser Versuch unter einer Glasglocke, so sieht man die weiße Phosphorsäure sich als schneeige Masse absetzen.

Der Phosphor ist in einer übelriechenden, sehr brennbaren Flüssigkeit, dem **Schwefelkohlenstoff**, leicht löslich. Übergießt man Fließpapier mit dieser Lösung, so flammt nach kurzer Zeit das Papier auf: die langsame Verbrennung des fein verteilten Phosphors, der mithin dem Sauerstoff der Luft eine große Angriffsfläche darbot, ging in eine rasche über.

Wegen seiner leichten Entzündlichkeit wird der Phosphor bei der Streichholzfabrikation gebraucht. Seit kurzer Zeit ist jedoch in Deutschland die Verwendung des weißen Phosphors wegen seiner großen Giftigkeit zur Herstellung von Streichhölzern verboten worden.

Der Vorgang beim Entzünden eines Streichholzes ist folgender: Durch die Reibung wird Wärme erzeugt, welche genügt, um eine rasche Verbrennung des Phosphors herbeizuführen. Die dadurch entstehende Wärme hat eine rasche Oxydation des Schwefels zur Folge; dieser brennt, und die dadurch erzeugte noch höhere Wärme führt endlich zur Verbrennung des Holzes.

Warum muß der Phosphor immer unter Wasser aufbewahrt werden?

— Phosphor kann mit dem Messer geschnitten werden, aber nur unter Wasser. — Der Phosphor kommt in den Knochen und in einem Mineral (Phosphorit, Apatit) vor. Eiweiß tierischen oder pflanzlichen Ursprungs enthält Phosphor. Da in den Pflanzensamen Eiweiß vorkommt, so müssen die Düngstoffe Phosphorverbindungen (Knochenmehl, Phosphorit, Guano) enthalten.

Vorsicht: Der Phosphor ist sehr giftig, und die durch ihn erzeugten Brandwunden sind lebensgefährlich. Wegen des Spritzens beim Verbrennen sollte man immer nur kleine, gut getrocknete Phosphorstückchen unter einer Glasglocke mit einem warmen Draht entzünden.

§ 89. Die Oxydation des Schwefels.

Wiederhole § 78 und 83 *a*!

a) Das Ergebnis der raschen Verbrennung des Schwefels ist ein farbloses, stechend riechendes und zum Husten reizendes Gas, die **schwefelige Säure**. Warum ist es eine Säure?

Die schwefelige Säure ist **schwerer** als die Luft. Wie läßt sich das beweisen? — Senkt man eine brennende Kerze in schwefelige Säure, so erlischt die Flamme. Da das Gas schon das Ergebnis einer Verbrennung ist, kann es nicht mehr brennen.

Sie ist ein **giftiges** Gas; kleine Tiere wie Käfer, Raupen, Spinnen ersticken sehr rasch in demselben.

Halte eine angefeuchtete Rose über aufsteigende schwefelige Säure: sie wird gebleicht. Das Gas wird als Bleichmittel besonders für Stroh und Wolle gebraucht. Wie entfernt man Obstflecken aus Leinwand? Durch Heidelbeeren blau gefärbte Hände werden leicht entfärbt, wenn man sie der schwefeligen Säure aussetzt.

Wegen ihrer Giftigkeit wird sie zum Töten von Schimmelpilzen oder zur Verhütung des Schimmelns gebraucht. Anwendung von „Schwefelbrand", Schwefelfäden zum Einschwefeln von Weinfässern, Obstgläsern.

b) Fein verteilter Schwefel (Schwefelblumen) erleidet an der Luft eine langsame Verbrennung. Riecht man an einer Flasche voll Schwefelblumen, so kann man einen schwachen Geruch nach schwefeliger Säure wahrnehmen. — Der Landwirt und der Gärtner machen von dieser Eigenschaft der Schwefelblumen Anwendung, indem sie Reben, die vom Äscherpilz, oder Rosenstöcke, die von Blattläusen befallen sind, mit Schwefelblumen bepudern.

c) Es gibt noch eine Säure des Schwefels, die mehr Sauerstoff als die schwefelige Säure und außerdem auch noch Wasserstoff enthält, die **Schwefelsäure**, eine schwere, ölig fließende, geruchlose Flüssigkeit, meistens von bräunlichschwarzer Farbe. Sie ist sehr begierig nach Wasser, so daß sie sich schon mit dem Wasserdampf der Luft verbindet. Bringt man eine flache Schale mit Schwefelsäure auf einer empfindlichen Wage ins Gleichgewicht, so wird bald die Schale sinken. Warum?

Gießt man Schwefelsäure in Wasser, so geht die Verbindung so heftig vor sich, daß ein hineingestelltes Thermometer oft bis 100° steigt.

Alle organischen Körper enthalten chemisch gebundenes Wasser.

Taucht man einen Holzspan in Schwefelsäure, so wird er schwarz; übergießt man dicke Zuckerlösung mit der Säure, so steigt eine lockere Kohle aus dem Gefäß auf. Erkläre diese Verkohlung!

Aus dem angeführten Beispiel geht hervor, daß die Schwefelsäure ein furchtbares Gift ist. In verdünntem Zustand wird sie zum Reinigen von kupfernen Gegenständen verwendet.

Vorsicht! Gieße immer die Schwefelsäure in dünnem Strahl in das Wasser, nie umgekehrt das Wasser in die Säure! Die große Wärmeentwickelung könnte eine Explosion verursachen. — Ist ein Tropfen der Säure auf die Haut gekommen, so wasche ihn nicht mit Wasser ab, sondern trockne ihn ab und breite etwas geschabte Kreide auf die Stelle aus. — Schwefelsäure erzeugt auf Wollstoff rote Flecken, die man, wenn sie nicht zu alt sind, durch Ammoniakwasser entfernen kann.

§ 90. Die Verbrennung (Oxydation) des Kohlenstoffes.

a) Bei der raschen Verbrennung des Kohlenstoffes in Sauerstoff entsteht ein farbloses, angenehm säuerlich schmeckendes Gas, die Kohlensäure.

1. Leitet man Sauerstoff durch eine schwer schmelzbare Glasröhre, in welcher Holzkohlenstückchen liegen und erwärmt man dieselben, so tritt bald eine prächtige Lichterscheinung ein, welche die rasche Verbrennung des Kohlenstoffes begleitet. Die entstehende Kohlensäure leitet man in offene hohe Gefäße.

2. Die Kohlensäure ist bedeutend **schwerer** als die Luft und kann deshalb längere Zeit in offenen Gefäßen aufbewahrt werden. Sie läßt sich wie eine Flüssigkeit aus einem Gefäß (*A*) in das andere (*B*) gießen.

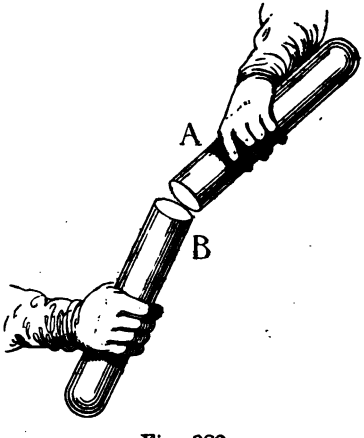


Fig. 282.

3. Da die Kohlensäure farblos und geruchlos ist, so kann sie unmittelbar nur mit unserm Geschmacksorgan wahrgenommen werden. Eine brennende Kerze erlischt sofort in Kohlensäure, und dadurch kann sie leicht erkannt werden.

Luft, Kohlensäure, Stickstoff, schwefelige Säure, Sauerstoff und Wasserstoff sind farblose Gase. Welche Erkennungsmittel hat man für dieselben?

4. Ein weiteres Erkennungsmittel für Kohlensäure ist Kalkwasser, welches man erhält, wenn man gelöschten Kalk in Wasser auflöst. — Leitet man das Gas in das klare Kalkwasser, so wird dasselbe milchig. Läßt man nach Unterbrechung des Gasstromes das Wasser ruhig stehen, so setzt sich bald ein weißes Pulver am Boden ab.

Erklärung: Kalk ist das Oxyd eines metallischen Elementes, Calcium. Die Kohlensäure verbindet sich leicht mit dem Kalk, und so entsteht der im Wasser unlösliche kohlensaure Kalk, der das Wasser trübt und sich niederschlägt.

Merke! Kreide, Marmor, der gewöhnliche Kalkstein sind kohlensaurer Kalk.

5. Leitet man in das getrübte Kalkwasser noch mehr Kohlensäure, so wird allmählich das Wasser wieder hell. Erwärmt man es nun, so steigen Blasen von Kohlensäure auf, und es wird wieder trüb. Es geht daraus hervor, daß die Kohlensäure im Wasser löslich ist und daß das kohlensaure Wasser kohlensauren Kalk auflösen kann. Solches Wasser nennt man **hartes Wasser** (§ 84 *c*). Um es **weich** zu machen, d. h. um den kohlensauren Kalk auszuscheiden, braucht man also das harte Wasser nur zu kochen.

Wasser, welches Kohlensäure im Überschuß enthält, schäumt im Glase und hat einen prickelnden, erfrischenden Geschmack. Solches Wasser liefern viele Heilquellen; man nennt es Mineralwasser. Nenne wichtige Mineralwasserquellen in Deutschland! Man stellt es auch künstlich unter dem Namen Sodawasser her.

b) Bläst man durch eine Glasröhre die ausgeatmete Luft in klares Kalkwasser, so trübt sich dasselbe. Es ist somit nachgewiesen, daß wir Kohlensäure ausatmen, daß die **Atmung** eine **langsame Verbrennung** des in unserem Körper enthaltenen Kohlenstoffes ist. Durch diese langsame Verbrennung entsteht die **Körperwärme**. Da nun alle Körperteile sich warm anfühlen, so ist leicht ersichtlich, daß die **Atmung**, als **chemischer Vorgang** aufgefaßt, im **ganzen Körper** vor sich geht.

Die Pumpe, welche die Luft in unseren Körper schafft, ist die Lunge, die im Innern aus unzähligen kleinen Zellen, den Lungenbläschen, besteht. Unwillkürliche Muskeln besorgen das regelmäßige Ausdehnen und Zusammensinken der Lunge. Beim Ausdehnen füllen sich die Lungenbläschen mit Luft (Sauerstoff; der Stickstoff geht ein und aus, ohne eine Wirkung auszuüben). In der dünnen Zellwand der Bläschen verlaufen die haarfeinen Blutgefäße der Lunge (Lungenkapillarien). Durch diese dünne Zellwand dringt nun der Sauerstoff in das Blut, die Blutkörperchen nehmen eine hellrote Färbung an; dieses sauerstoffhaltige Blut heißt **arterielles Blut**. Auf seinem Kreislauf durch den ganzen menschlichen Körper verbrennt der Sauerstoff langsam den Kohlenstoff, der in den organischen Baustoffen des Körpers enthalten ist, und es entsteht Kohlensäure. Das kohlensäurehaltige Blut ist dunkelrot und heißt **venöses Blut**. Es nimmt seinen Weg durch die Venen, die rechte Herzhälfte, die Lungenarterie und gelangt so wieder in die Lungenkapillarien. Hier geht nun der Gasaustausch vor sich. Die Kohlensäure dringt durch die Haut der Gefäße in das Lungenbläschen, der Sauerstoff geht aus dem Lungenbläschen in das Blut, und der Kreislauf beginnt von neuem.

Wird der Mensch am Ausatmen der Kohlensäure verhindert, so findet der Gasaustausch nicht statt, alle Adern enthalten nur noch venöses Blut: der Mensch erstickt.

c) Jeder rauchende Schornstein, jedes atmende Tier, ferner alle tätigen Vulkane sind Kohlensäurequellen, welche täglich große Mengen von Kohlensäure in die Atmosphäre senden. Wie kommt es, daß der Sauerstoff der Luft noch nicht aufgebraucht ist? Müßte die Luft nicht schon längst nur noch aus Kohlensäure bestehen? Jedes

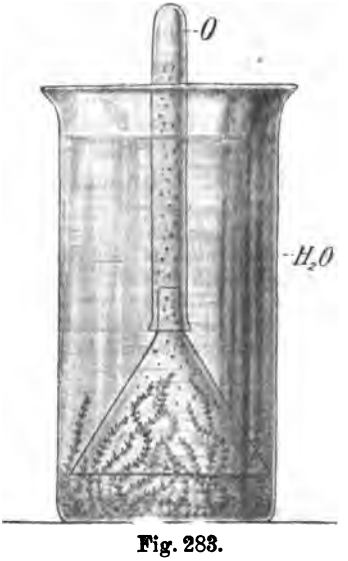


Fig. 283.
Versuch zum Nachweise des von einer assimilierenden Wasserpflanze produzierten Sauerstoffes. (Nach Detmer.)

tierische Leben, jede Verbrennung müßte dann auf Erden aufhören. — Die **Pflanzen** sorgen für die **Erhaltung des Gleichgewichtes.**

Ein Glaszylinder (Fig. 283) enthält Wasserpflanzen (Wasserpest, Tausendblatt) und ist mit kohlensaurem Wasser gefüllt. Der absperrende Trichter führt in einen kleinen, ganz mit Wasser gefüllten Zylinder. Setzt man das Ganze dem Sonnenlichte aus, so sieht man einen Gasstrom von den Blättchen aufsteigen; das Gas, das sich in *O* sammelt, wird als Sauerstoff nachgewiesen. — Dieser Versuch gelingt nur bei Sonnenlicht und mit grünen Blättern. Es geht daraus hervor, daß die grünen Blätter imstande sind, die Kohlensäure in Sauerstoff und Kohlenstoff zu zerlegen. Der Sauerstoff wird ausgeschieden, der Kohlenstoff dient zum Aufbau der Pflanze. — Damit die Blätter die Kohlensäure aufnehmen und den Sauerstoff ausscheiden können, haben sie in der Oberhaut kleine **Spaltöffnungen** (Fig. 284) mit zwei beweglichen Schließzellen. Am Tage sind die Spaltöffnungen offen, und der chemische Vorgang nimmt seinen Verlauf. Nachts schließen sich die Spaltöffnungen, die Pflanze ruht.

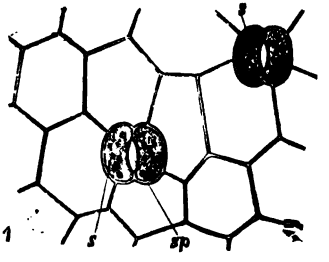


Fig. 284.
Oberhaut eines Laubblattes.
Flächenansicht mit zwei Spaltöffnungen, *sp* Spalten, *s* Schließzellen.
(Etwa 200fach vergrößert.)

d) Außer der raschen und der langsamen erleidet der Kohlenstoff auch noch eine **unvollkommene Verbrennung.** Sie tritt ein, wenn dem verbrennenden Kohlenstoff nicht genug Sauerstoff zugeführt wird.

Nimmt man den Deckel vom Füllschacht eines Dauerbrenners (amerikanischen Ofens), so sieht man oft blaue Flämmchen über den rotglühenden Kohlen hin- und herhuschen. Wenn den Kohlen nicht genug Luft zugeführt wird, so geraten sie nur in schwache Rotglut; es geht also eine unvollkommene Verbrennung vor sich. Infolgedessen entsteht ein farb- und geruchloses Gas, welches mit blauer Flamme verbrennt. Dieses **höchst giftige, geruchlose** Gas heißt **Kohlenoxyd** (Kohlendunst).

Da es in jedem Ofen bei ungenügender Luftzufuhr entsteht, so ist peinlich darauf zu sehen, daß die Verbindung zwischen Ofen und Ofenrohr sowie zwischen den einzelnen Teilen des Rohres luftdicht ist, und daß das Rohr durch keine Klappe verschlossen werden kann.

Geringe Mengen von Kohlenoxyd erzeugen Ohnmacht und raschen Erstickungstod. — In überfüllten oder mit vielen Flammen erhellten Sälen entsteht viel Kohlensäure; Wirkung auf den Menschen! — Wert der Lüftung. — Beim Gären von Bier und Wein entsteht viel Kohlensäure. Vorsicht beim Betreten von Kellern, in welchen eine Gärung vor sich geht. In solchen Kellern werden oft Schalen mit gelöschtem Kalk aufgestellt. Warum? — Stelle in einem geschlossenen Raum kein Becken mit brennenden Holzkohlen auf!

VI. Die Beleuchtung.

§ 91. Das Leuchtgas.

a) Erhitzt man in einem eisernen Löffel Zucker, Fett, Sägemehl, kurz irgend einen organischen Körper, so sieht man während der Verkohlung ein Gas aufsteigen, welches mit gelber, leuchtender Flamme verbrennt, wenn es die zur raschen Oxydation nötige Temperatur erreicht hat.

Werden in einem Probierröhrchen Steinkohlen erhitzt (Fig. 285),

so tritt bald aus der Spitze der durch den Kork gehenden kleinen Glasröhre dasselbe Gas aus, welches sich leicht entzünden läßt. Zu gleicher Zeit bemerkt man das Auftreten von gelben Dämpfen, die sich im kälteren Teile des Röhrchens verdichten. Um ein Zerspringen des glühend heißen Röhrchens beim Herabrinnen dieser Flüssigkeit zu verhindern, tut man gut daran, das Röhrchen wagerecht in der Flamme zu halten.

Fig. 285.

Um größere Mengen des Gases zu erhalten und um die Verdichtung der Dämpfe leicht zu ermöglichen, wendet man den Apparat Fig. 286 an. Die Retorte enthält kleine Stückchen Steinkohle. Beim Erhitzen treten bald die bekannten Dämpfe auf, und in der Vorlage sammeln sich zwei Flüssigkeiten, eine wasserhelle und eine braune: Gaswasser und Teer. Rührt man mit dem Gaswasser und gelöschtem Kalke einen Brei an, so tritt der charakteristische Geruch des Salmiakgeistes (Ammoniak) auf; rotes Lackmuspapier wird blau.

Das in Zylindern aufgefangene Gas wird nun auf seine Eigenschaften untersucht.

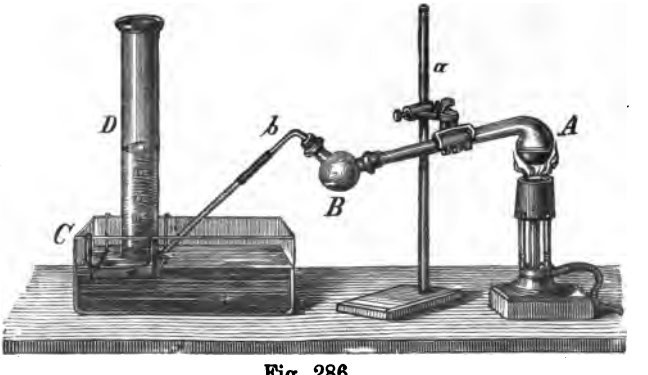


Fig. 286.

Ergebnis:

1. Es ist farblos, riecht höchst unangenehm und ist leichter als Luft.

2. Es brennt mit leuchtender, gelber Flamme.

3. Hält man über die Flamme eine kalte Glasglocke, so bilden sich Wassertropfen an der Innenseite derselben; das Gas enthält folglich Wasserstoff.

4. Senkt man die Flamme in einen leeren Zylinder und gießt man nach Entfernung der Flamme Kalkwasser hinein, so zeigt die Trübung desselben die Bildung von Kohlensäure an; folglich muß das Gas auch Kohlenstoff enthalten.

Erhitzt man organische Körper, so entwickelt sich Kohlenwasserstoff, den man wegen seiner leuchtenden Flamme auch **Leuchtgas** nennt.

b) Es ist immer noch das wichtigste Leuchtmittel (Kampf mit der Elektrizität).

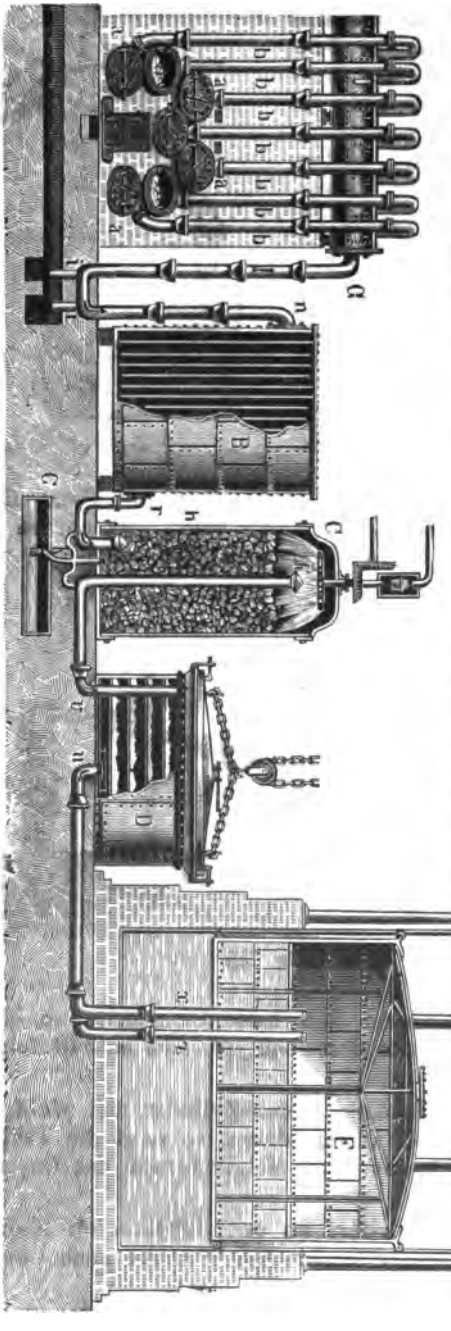


Fig. 287.

Seine Flamme ist sehr heiß, deswegen wird es vielfach als Heizgas verwendet. Wegen seiner großen Leichtigkeit wird es zum Füllen der Luftballons gebraucht.

Vorsicht! Das Leuchtgas ist sehr giftig; geringe Mengen genügen, wenn sie eingeatmet werden, um Ohnmacht zu erzeugen und den Erstickungstod herbeizuführen. — Mit Luft vermischt, bildet es, wie reiner Wasserstoff, ein Knallgas, bei dessen Entzündung eine furchtbare Explosion entsteht. — Die Leitungen müssen immer dicht sein; beim Zudrehen des Hahnes auf guten Verschluß sehen!

c) Wegen seiner wichtigen Eigenschaften wird das Leuchtgas im großen in Fabriken entwickelt.

Eine Leuchtgasfabrik besteht aus 5 Hauptteilen. (Fig. 287.)

1. Der Ofen *A* enthält eingemauerte tönerne oder eiserne Röhren, die **Retorten** *aa*, in welchen die Steinkohlen erhitzt werden. Das Leuchtgas geht durch die aufsteigenden Röhren *bb* in das **Sammelrohr** *G*.

2. Von dem Sammelrohr gelangt das sehr heiße Gas in den **Kühlapparat** *B*. Dieser besteht aus einem großen, eisernen, von senkrechten Röhren durchzogenen Kasten. Da durch diese Röhren beständig kaltes Wasser fließt, so kühlt sich das Gas in dem Kasten bedeutend ab. Bei dem Erhitzen der Steinkohlen entwickeln sich noch andere Stoffe: Teer, Ammoniak, schwefelige Säure, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, und da diese Stoffe die

Leuchtkraft des Gases beeinträchtigen oder giftig sind, so müssen sie entfernt werden. Die Teerdämpfe werden im Kühlapparat verdichtet.

3. Ammoniak und schwefelige Säure werden im **Waschturm** *C* durch das beständig hindurchrieselnde Wasser aufgelöst. Der Waschturm ist mit großen Koksstücken angefüllt, um das niederfallende Wasser fein zu zerteilen und somit eine gründlichere Auflösung der beigemischten Stoffe zu bewirken.

4. Im **Reinigungskasten** *D*, der, auf Hürden ausgebreitet, eine Masse bestehend aus gelöschtem Kalk und Eisenoxyd enthält, werden die Kohlensäure und der Schwefelwasserstoff beseitigt.

5. Das Gasometer *E* (Fig. 287) ist eine große Glocke aus Eisenblech, welche ganz in eine mit Wasser gefüllte Grube versenkt ist. Tritt nun Gas durch das Rohr *x* ein, so wird das Wasser aus der Glocke verdrängt, sie steigt langsam in die Höhe und ist somit ein Sammelbehälter für das Gas geworden. Ein zweites Rohr führt das Gas zu den Gaslaternen. Will man das Leuchtgas in dieses Rohr leiten, so schließt man Rohr *x*, öffnet das Ausflußrohr *z*, beschwert das Gasometer, und durch das Niedersinken desselben wird das Gas unter stetem Druck zu den Laternen geleitet. Das zur Verwendung kommende Leuchtgas ist ein Gasgemisch und besteht aus Wasserstoff, Grubengas, schweren Kohlenwasserstoffen (Äthylen und Azetylen) und Kohlenoxyd. Die schweren Kohlenwasserstoffe bedingen die Leuchtkraft des Leuchtgases.

d) Um zu erfahren, wieviel Gas man in einer bestimmten Zeit verbraucht hat, bedient man sich der **Gasuhr**. Fig. 288 stellt den senkrechten Durchschnitt dieses interessanten Apparates dar. In einem zylinderförmigen Gefäß, das bis zur Linie WW_1 mit einer Mischung von Wasser und Spiritus gefüllt ist, dreht sich eine in vier Kammern *a, b, c, d* geteilte Trommel um eine horizontale Achse. Die Trommel besitzt noch einen fünften, zylinderförmigen Raum *m* im Innern. Die Kammern *a, b, c, d* stehen einerseits durch die schlitzförmigen Öffnungen *p, o, n, q* mit dem äußeren Raum zwischen Trommel und Mantel, anderseits durch ähnliche Öffnungen *u, t, s, r* mit dem inneren Raum in Verbindung. Das Gas gelangt durch ein Rohr *i*, welches über dem Wasserspiegel mündet, in den inneren Raum und strömt durch die freie Öffnung *u* in die Kammer *b*. Da das Gas vom Gasometer her unter Druck steht, dreht sich die Trommel in der Pfeilrichtung. Bei dieser Drehung taucht bald die Öffnung *u* unter den Wasserspiegel, Öffnung *t* wird frei, und das Gas gelangt in die Kammer *c* usw. Das in der Kammer *d* enthaltene Gas strömt durch *f* in die Hausleitung, da die Kammer bei der Drehung immer mehr untertaucht und das eindringende Wasser das Gas durch *q* hinaustreibt. Der Rauminhalt einer Kammer

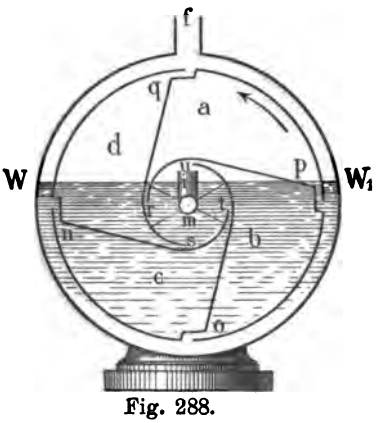


Fig. 288.

ist bekannt. Da sich nun die Drehungen der Trommel auf ein Zählwerk übertragen, so kann man an demselben ablesen, wieviel Liter Gas verbraucht worden sind.

Um das Einfrieren des Wassers in der Gasuhr zu verhindern, ist Spiritus beigemischt.

e) Die Nebenprodukte der Gasfabrikation:

1. Warum verbrennen die Steinkohlen in den Retorten nicht? — Die ausgeglühten Kohlen heißen **Koks**. Dieser ist eine sehr poröse, metallisch glänzende Kohle, die nur glüht, also ohne Flamme verbrennt. Warum? Anwendung: Heizmaterial.

2. An den Wänden der Retorten setzt sich als feste, glänzend schwarze Kruste die **Retortenkohle** ab. Anwendung: Platten für elektrische Elemente, Stäbe für Mikrophone, Stifte für Bogenlampen.

3. Der **Teer** ist eine dicke, braunschwarze, starkriechende Flüssigkeit, die leicht mit stark rußender Flamme verbrennt. Anwendung: Anstreichen und Beizen von Hölzern, um sie vor Fäulnis zu bewahren (§ 95); Herstellung von Dachpappe, Teeren der Schiffe. Man gewinnt aus dem Teer eine große Reihe höchst wichtiger Stoffe, z. B. prächtige **Farbstoffe** (Anilin- und Alizarinfarben), **medizinische** Stoffe (Antipyrin, Karbolsäure), das zum Vertreiben der Motten vielfach gebrauchte **Naphthalin**, das **Paraffin**, einen wachsartigen durchscheinenden Körper, welcher zur Bereitung von Kerzen dient, einen sehr süßen Stoff, das **Saccharin**.

4. **Ammoniak** (§ 95).

f) Es gibt eine Art von Kohlenwasserstoff, welche in Steinkohlengruben oft angetroffen wird. Im Gegensatz zum Leuchtgas ist dieses Gas geruchlos und brennt mit blauer Flamme; es ist aber noch gefährlicher als Leuchtgas, weil sein Vorhandensein durch unser Geruchsorgan nicht verraten wird. Dieses **Grubengas** (schlagende Wetter) verursacht furchtbare Explosionen, wenn es, mit Luft vermischt, entzündet wird. **Sicherheitslampe** (§ 9 *d*).

Fig. 289. Erdölspringquelle von Baku.

§ 92. Das Erdöl.

Das Erdöl (Steinöl, Petroleum) ist eine leichtbewegliche Flüssigkeit von eigentümlichem Geruch. Bei durchfallendem Lichte ist es schwach gelblich, bei auffallendem Lichte zeigt es eine schöne blaue Farbe. Es brennt leicht mit leuchtender Flamme, und deshalb wird es als Leucht- und Heizstoff sehr häufig gebraucht.

Dieser flüssige Kohlenwasserstoff kommt in großen Mengen in Pennsylvanien (Nordamerika)

und im Kaukasus vor. Sehr ergiebige Quellen entspringen in dem großen Braunkohlenlager bei Hagenau im Elsaß.

Gutes Erdöl soll bis auf 21° erwärmt und mit einer Flamme berührt werden können, ohne sich zu entzünden. Schlecht gereinigtes Erdöl entzündet sich bei dieser Probe und darf zu Beleuchtungszwecken nicht verwendet werden.

Aus dem Petroleum gewinnt man das zur Entfernung von Fettflecken viel gebrauchte **Benzin**. Da dieses sehr feuergefährlich ist, darf man bei Licht niemals mit Benzin arbeiten. Auch **Vaselin**, einen sich fettig anfühlenden Stoff, welcher nicht ranzig wird und in der Apotheke zu Salben verwendet wird, sowie ausgezeichnete **Schmieröle** für Maschinen liefert das Petroleum.

Die Vereinigten Staaten Amerikas stehen mit ihrer Petroleumgewinnung an erster Stelle, dann folgt Rußland. Beide Länder zusammen liefern über 91% der Gesamtgewinnung. In weitem Abstand folgen dann die Inseln Sumatra, Java und Borneo, Galizien, Rumänien, Indien, Japan. Dann erst kommt Deutschland, das jährlich rund 530.000 *hl* liefert. Die Gesamtgewinnung beträgt rund 275 Millionen Hektoliter.

§ 93. Die Kerze.

a) Jede Kerze besteht aus einem Fettzylinder (Talg, Stearin, Paraffin, Wachs), durch welchen ein zopfartig geflochtener Docht aus Baumwolle hindurchgezogen ist.

Nähert man dem Dochtende einer neuen Kerze eine Flamme, so dauert es einige Augenblicke, bis die Kerzenflamme erscheint; macht man denselben Versuch an einer schon gebrauchten Kerze, so wird sie sich viel schneller entzünden. — Durch die Wärme der zum Anzünden gebrauchten Flamme wird zuerst das Fett geschmolzen, welches dann vermöge der Kapillarität in dem Docht in die Höhe steigt. Hier bilden sich aus dem Fett Kohlenwasserstoffe (Leuchtgas), welche aus dem Dochtende ausströmen, mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommen und eine rasche Verbindung mit demselben (Verbrennung) eingehen.

Warum verläuft dieser Vorgang bei einer gebrauchten Kerze schneller als bei einer neuen?

Bläst man die Flamme aus, so sieht man das Gas aus dem Dochtende aufsteigen; nähert man ihm eine Flamme (ohne aber den Docht zu berühren), so entzündet sich das Gas schon in einiger Entfernung vom Dochte.

Am Grunde des Dochtes entsteht eine schüsselförmige Höhlung, die stets mit flüssigem Fett gefüllt ist.

Warum muß ein Docht vorhanden sein? Eine Streichholzflamme oder irgendeine andere Flamme wäre nicht imstande, das Fett der Kerze so weit zu erhitzen, daß Kohlenwasserstoffe entstünden; die Masse wäre zu groß. Der Docht spielt also die Rolle der Retorte in der Leuchtgasfabrik. Wie wird diese Retorte immer gefüllt erhalten? Eine brennende Kerze ist das Bild einer sich selbst unterhaltenden Gasfabrik.

Die Flamme ist zugespitzt, weil der durch die Wärme entstehende aufsteigende Luftstrom das Gas mit in die Höhe reißt. Durch diesen aufsteigenden kalten Luftstrom wird auch die Außenseite der Kerze so abgekühlt, daß die Wand der schüsselförmigen Aushöhlung nicht schmilzt.

b) Betrachtet man eine Kerzenflamme recht genau, so unterscheidet man folgende Teile: 1. einen dunkeln Kern *a* (Fig. 290), 2. einen

leuchtenden Kegel *b*, 3. einen blauen Saum *d*, 4. einen fast nichtleuchtenden Mantel *c*.

1. Hält man in den dunkeln Kern *a* eine gebogene Glasröhre, so tritt aus dem andern Ende ein Gas aus, welches man entzünden kann. (Fig. 291.)

Ein die Flamme quer durchschneidendes Holzstäbchen wird im dunkeln Raume nicht verkohlt. Auf einem rasch von oben nach unten in die Flamme gesenkten Blatt Papier entsteht nur ein verkohlter Ring.

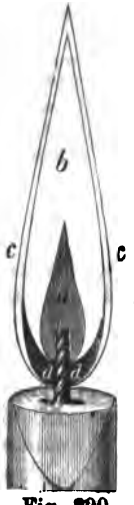


Fig. 290.

Der dunkle Kern besteht aus Kohlenwasserstoff mit geringer Temperatur, welcher also nicht brennt.

Der Versuch gelingt sehr gut, wenn man das Blatt Papier erst mit einer Alaunlösung tränkt und vor dem Versuch gut trocknen läßt. Die Flamme muß ganz ruhig brennen.

2. Der leuchtende Kegel besteht aus Kohlenwasserstoffen mit sehr hoher Temperatur. Ein kalter Körper (Glasrohr, Löffel) überzieht sich sofort mit Ruß, wenn er in diesen Teil der Flamme gehalten wird. In diesem Kegel werden aus dem Gas Kohlenstäubchen ausgeschieden, welche ins Glühen geraten und so die Flamme leuchtend machen.

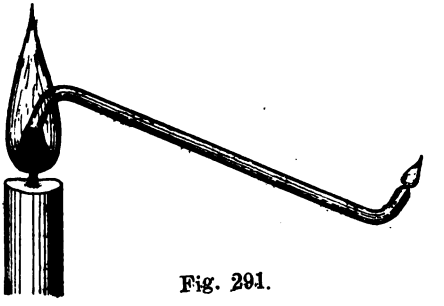


Fig. 291.

Bläst man mit einem zugespitzten Rohre Luft in den leuchtenden Kegel, so wird er nichtleuchtend und setzt keinen Ruß mehr ab. Da nämlich jetzt Sauerstoff ins Innere gelangt, so werden die Kohlenstäubchen sofort verbrannt und geraten nicht mehr ins Glühen.

3. Der blaue Saum besteht aus verbrennendem Kohlenoxyd.

4. Bringt man eine brennende Kerze auf den Grund eines hohen Zylinders, so beschlagen die Wände desselben, und die Kerze erlischt bald. Es entstehen also Wasser und Kohlensäure. Wie kann letztere untrüglich nachgewiesen werden?

Ergebnisse: 1. Eine Flamme ist ein brennendes Gas.

2. Das Leuchten der Kerzenflamme hängt von feinen, darin schwebenden und glühenden Kohlenstäubchen ab.

3. Wird das Gas mit Luft vermischt, so wird die Flamme nichtleuchtend. (Erkläre die Einrichtung eines Bunsenbrenners!)

4. Beim Verbrennen einer Kerze (eines organischen Körpers) entstehen Wasser und Kohlensäure.

c) Früher wurden die Kerzen aus Talg hergestellt; der Docht bestand aus nebeneinanderliegenden Baumwollfäden. Die Flamme hatte nur geringe Leuchtkraft, weil der verkohlende Docht das Aufsteigen des Fettes verhinderte. Der obere, verkohlte Teil des Dochtes mußte von Zeit zu Zeit mit der Putzschere entfernt werden. Die heutigen Kerzen enthalten einen zopfartig geflochtenen Docht, der sich krümmt, aus der Flamme heraustritt und verbrennt. — Zur Herstellung von Talgkerzen

tauchte man wiederholt den Docht in die flüssige Fettmasse. Jetzt gießt man das geschmolzene Fett in Metallhülsen, durch welche der Docht schon im voraus gezogen worden ist.

§ 94. Die Lampe.

a) Die am meisten gebrauchte Lampe ist die Petroleumlampe.

Beschreibung: Behälter mit dem Leuchtmittel; platter Docht, der durch den zylinderförmigen Brenner führt und den ringförmigen Raum in denselben ganz ausfüllt. Durch seitliche Öffnungen unten am Brenner steht dessen Innenraum mit der äußeren Luft in Verbindung. Ein Glaszylinder mit Einschnürung. (Fig. 292.)

Fig. 292.

Das Erdöl steigt durch Kapillarität im Dochte empor. — Zünde die Lampe an und beobachte die Flamme mit und ohne Zylinder! Im zweiten Falle verbreitet die Flamme ein trübes Licht, Ruß steigt auf. Im ersten Falle entsteht eine glänzende, nicht rußende Flamme. Durch den Zylinder wird der Luftstrom geregelt und verstärkt, der dem Kohlenwasserstoff den zum Verbrennen nötigen Sauerstoff zuführen soll. — Bewegt man die Lampe mit aufgestecktem Zylinder hin und her, so rußt die Flamme; denn der von unten in den Zylinder eintretende Luftstrom wird am regelmäßigen Aufsteigen verhindert. — Verschließe den Zylinder oben! Die Flamme wird trüb und geht aus. Warum?

Früher hatte man Flachbrenner, jetzt nur noch Rundbrenner. Gib den Unterschied an! Die Flamme des Rundbrenners ist glänzender als die des Flachbrenners, weil auch Luft in das Innere der Flamme gelangt und dadurch ein stärkeres Erglühen der Kohlenstoffstäubchen erzielt wird. Welche Veränderung würde mit der Flamme eintreten, wenn der in das Innere derselben geleitete Luftstrom zu stark wäre? — Warum müssen der Brenner und die ihn umgebende Messinghülle immer reinlich gehalten werden? Denke daran, daß die kleinen Öffnungen Zuglöcher sind!

Merke: Der Docht muß so breit sein, daß er den ringförmigen Raum des Brenners vollständig verschließt. Ist der Docht zu schmal, so bleibt zwischen den Rändern ein kleiner Kanal frei. Durch denselben gelangen Petroleumdämpfe aus dem Behälter an die Flamme, und es kann leicht eine gefährliche Explosion eintreten. Beim Ausblasen kann auch die Flamme in diesen kleinen Kanal schlagen und das Petroleum im Behälter entzünden. — Das verkohlte Ende des Dochtes muß sorgfältig entfernt werden, weil sonst die Kapillarität nicht wirken kann. — Nach längerem Gebrauch wird der Docht hart und verliert das Vermögen, genügend Öl aufzusaugen; zu kurze Dochte ziehen nicht genug Öl nach oben. — Verwende nur gereinigtes Petroleum! — Der Zylinder und die Messingteile müssen recht reinlich gehalten werden. — Beim Ausblasen drehe den Docht nur so weit hinab, daß er den ringförmigen Raum noch ganz ausfüllt. Blase von oben in den Zylinder hinein, um die Lampe zu löschen.

Vorsicht! Gieße nie Petroleum in eine brennende Lampe! Verrichte auch diese Arbeit nicht in der Dunkelheit bei Licht! Brennendes Petroleum kann nicht durch Wasser gelöscht werden. Ersticke die Flamme durch Tücher, Sand, Teppiche! — Dienstmädchen gießen oft in schlecht brennendes Herdfeuer Petroleum, um es besser anzufachen. Dieser Unfug hat schon oft schreckliche Folgen gehabt.

b) Die **Gaslampe** mit leuchtender Flamme hat entweder einen Rund- oder einen Schnittbrenner. Die fächerförmig ausgebreitete Flamme des Schnittbrenners brennt frei; an ihr kann man leicht die verschiedenen Teile einer Flamme erkennen. Die Anordnung ist aber verschieden von der bei der Kerzenflamme. — Zeigt die Fächerflamme keine regelmäßige Form oder zischt sie, so ist der Schnitt des Brenners teilweise mit Kohlenstaub verstopft, der leicht zu entfernen ist. Woher kommt dieser Kohlenstaub?

Will man eine nichtleuchtende Flamme haben, so leitet man Luft in das Innere des Brenners. Ein zweckmäßig eingerichteter Brenner mit nichtleuchtender Flamme ist von dem Chemiker Bunsen erfunden worden und heißt deswegen **Bunsenbrenner**. (Fig 293.) Das Gas kommt von *links* durch einen Schlauch, tritt durch ein kurzes Röhrchen im Innern des durchlöcherten Kästchens *d* aus und steigt im Rohre *e* in die Höhe. Durch die runden Öffnungen in *d* tritt Luft zu dem Gase und vermischt sich mit demselben im Rohre *e*. Die blaue Flamme ist nun nichtleuchtend, weil der Kohlenstoff schon im Innern der Flamme zur vollständigen Verbrennung gelangt und nicht ins Glühen gerät. Verschließe die Zuglöcher! Warum leuchtet jetzt die Flamme? Vergleiche die Temperatur der nichtleuchtenden Flamme mit der der leuchtenden!

Fig. 293.

c) Seit einiger Zeit werden die Rund- und Flachbrenner durch die **Auerbrenner** ersetzt.

Der Auerbrenner hat dieselbe Einrichtung wie der Bunsenbrenner, seine Flamme ist also nicht leuchtend. In dieser Flamme hängt der Glühkörper (Glühstrumpf), welcher durch die hohe Temperatur der Flamme zu greller Weißglut gebracht wird und ein prachtvolles Licht ausstrahlt (**Gasglühlicht**). Bei 50 % Ersparnis an Leuchtgas strahlt das Gasglühlicht etwa viermal so viel Licht aus wie eine gewöhnliche Fächerflamme.

Die Herstellung der Glühkörper ist sehr interessant. Die Oxyde zweier seltenen Elemente (Thorium und Cerium) werden in Salpetersäure aufgelöst. In diese Lösung taucht man ein sehr feines, spitzenartiges Gewebe aus Baumwolle oder Seide, dem man schon vorher die Gestalt des Glühkörpers gegeben hat. Nach dem Trocknen erhitzt man das Gewebe mit einer Flamme; die Baumwolle verbrennt, und ein feines mineralisches Gewebe, aus den Oxyden bestehend, bleibt übrig.

Warum verbrennt der Glühkörper auch bei der stärksten Weißglut nicht? — Leider sind die Glühkörper sehr zerbrechlich. Warum?

Kienspan und Fackel. — Die Lampe der alten Römer. — Die Beleuchtung im Mittelalter. — Die Moderateurlampe. — Die alte Petroleumlampe. — Die Magnesiumlampe. — Das elektrische Glühlicht. — Die elektrische Bogenlampe. — Die Nernstlampe.

VII. Die Verwesung.

§ 95. Fäulnis und Vermoderung; die Desinfektion.

a) Jeder tote organische Körper erleidet eine eigentümliche Veränderung. Der Körper nimmt nach und nach eine andere Farbe an, sein Volumen und seine Beschaffenheit verändern sich, übelriechende Gase treten auf. Diesen Vorgang bezeichnet man mit dem Namen **Fäulnis.** — Geht man in einen Pferdestall, so empfindet man ein eigentümliches Stechen in den Augen, die bald anfangen zu tränen.

Es sind hauptsächlich zwei Gase, welche bei der Fäulnis entstehen, das eine heißt **Ammoniak**, das andere **Schwefelwasserstoff.** Man kann beide leicht künstlich herstellen.

b) Übergießt man Eisenfeilspäne mit verdünnter Schwefelsäure, so entsteht der geruchlose, brennbare Wasserstoff. Behandelt man ebenso Schwefeleisen (§ 79 *b*), so steigt ein farbloses, aber ekelhaft riechendes Gas auf, der Schwefelwasserstoff. Er brennt mit blauer Flamme, und bei diesem Verbrennen entstehen zweierlei Produkte: 1. Wasser (Flamme brennt unter einer Glocke, die Wände beschlagen), wodurch bewiesen ist, daß das Gas Wasserstoff enthält; 2. schwefelige Säure (durch den Geruch wahrzunehmen); wir erkennen, daß das Gas auch Schwefel enthält, somit den Namen Schwefelwasserstoff mit Recht trägt. — Kühlt man die Schwefelwasserstoffflamme mit einer kalten Porzellanschale ab, so scheidet sich gelber Schwefel an der Schale ab.

Wird Schwefelwasserstoff in Wasser geleitet, so löst er sich zum Teil darin auf; dieses Schwefelwasserstoffwasser besitzt den schlechten Geruch des Gases und ist sauer, was sich durch blauen Lackmus leicht nachweisen läßt.

Vorsicht! Schwefelwasserstoff ist sehr giftig. Man entwickelt es in gut gelüftetem Zimmer oder im Freien und leitet das Gas in Wasser, von welchem es teilweise absorbiert wird.

In faulen Eiern entwickelt sich Schwefelwasserstoff; in der Nähe jeder Tierleiche nimmt man den ekelhaften Geruch dieses Gases wahr.

Um zu verhüten, daß während des Experimentierens sich zu viel von dem giftigen Schwefelwasserstoff in dem Lehrzimmer verbreite, entwickelt man am besten das Gas im **Kippschen Apparat.** (Fig. 294.) Er besteht aus zwei Kugeln *a* und *b*, die durch ein enges Rohr *c* miteinander in Verbindung stehen. In die Kugel *a* ist luftdicht das trichterförmige Gefäß *d* eingesetzt, dessen Röhre durch die Verengung *c* bis fast auf den Grund von *b* führt. *a* enthält Stückchen Schwefeleisen, die nicht in *b* fallen können, weil die Trichterröhre die Verengung bei *c* fast ganz ausfüllt. *b* und *d* enthalten verdünnte

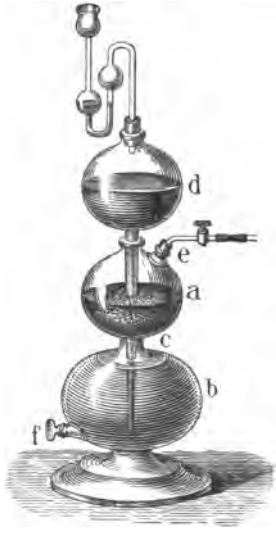


Fig. 294.

Schwefelsäure. Öffnet man den Hahn der Ausströmungsröhre *e*, so entweicht die Luft in *a*, die Säure in *d* fließt in das unterste Gefäß, steigt nach *a*, und es entwickelt sich Schwefelwasserstoff. Will man den Gasstrom unterbrechen, so schließt man den Hahn; das sich noch entwickelnde Gas übt einen Druck auf die Säure in *a* aus und treibt sie wieder in das trichterförmige Gefäß. — Wann erst wird wieder Gas entstehen? — Die Öffnung *f* dient zum Ablassen der Säure in *b* und zum Reinigen.

c) Reibt man ein im Handel häufig vorkommendes, geruchloses Salz, Salmiak, mit feuchtem, gelöschtem Kalk zusammen, so steigt ein Gas auf, welches sehr stark riecht, heftiges Tränen der Augen hervorruft und zum Husten reizt: dieses Gas ist das Ammoniak. Wird die Mischung in einer Kochflasche erhitzt, so kann man das Gas in Glasgefäße leiten und folgende Eigenschaften desselben erkennen: 1. Es ist farblos und leichter als die Luft; 2. es brennt nicht und löscht eine Flamme aus; 3. es wird vom Wasser in großer Menge absorbiert. Die Auflösung von Ammoniak in Wasser heißt Salmiakgeist oder Ammoniakwasser.

Das Ammoniakwasser wird in großer Menge in den Leuchtgasfabriken gewonnen. Es findet Anwendung in der Medizin, um Insektenstiche zu heilen; weiter gebraucht man es zum Waschen feiner Wollwaren, die die Behandlung mit Seife nicht vertragen, zum Entfernen von Säureflecken, zum Abwaschen von bemaltem Holzgetäfel.

d) Es sind mikroskopisch kleine Pilze, Bakterien genannt, welche die Fäulnis organischer Körper bewirken.

Um also diese Körper vor Fäulnis zu bewahren, muß verhindert werden, daß die Fäulniserreger an den Körper gelangen. Da aber ein solches Abschließen im praktischen Leben kaum durchführbar ist, wird es sich meistens darum handeln, die schon vorhandenen Bakterien möglichst schnell unschädlich zu machen, um die Fäulnis zu verhindern. Dieses ist der Zweck der Desinfektion.

1. Bei großer Kälte können die Fäulnisbakterien sich nicht entwickeln, deshalb wendet man zum Aufbewahren von Fleisch Eis an.

2. Ist der organische Körper trocken, hat man ihm also durch künstliches Austrocknen seinen natürlichen Wassergehalt entzogen, so tritt erst nach längerer Zeit Fäulnis ein; denn die Fäulnisbakterien brauchen Wasser zu ihrer Entwicklung. Getrocknetes Fleisch, Obst, Stockfische.

3. Große Hitze tötet die Bakterien. Man desinfiziert Kleider, Wäsche, Bettzeug, indem man Wasserdampf von 100° einige Stunden einwirken läßt. — Gemüse- und Fleischkonserven werden in Blechdosen stark erhitzt und schnell luftdicht verlötet. Achte beim Ankauf einer solchen Dose darauf, daß der Deckel nach innen gewölbt ist! Zeigt er eine Wölbung nach außen, so haben sich im Innern Fäulnisgase entwickelt.

4. Gewisse Stoffe, Desinfektionsmittel genannt, haben die Eigenschaft, die Fäulnisbakterien zu töten. Am meisten werden folgende Stoffe gebraucht: Kochsalz (Einpökeln), Zucker, Essig und Spiritus (Einmachen), Kreosot (Räuchern, Schnellräucherung), Karbolsäure und verwandte Stoffe (Kresol, Lysol). Sublimat zum Desinfizieren von Wunden (Karbolwasser 3%, Sublimatlösung 1‰, Karbol-, Sublimatwatte). Pflegt man Kranke, die an einer ansteckenden Krankheit leiden, so muß man sich oft die Hände mit Karbolwasser oder Sublimatlösung waschen; ebenso

sind alle die Dinge und Geräte zu behandeln, die mit dem Kranken in Berührung kommen. Ein billig zu beschaffendes und sicher wirkendes Desinfektionsmittel ist eine Auflösung von **Schmierseife** in Wasser ($^1/_2$ *kg* Seife in 17 Liter heißem Wasser). Sollen Zimmer desinfiziert werden, so wendet man am besten das stark nach Ameisensäure riechende **Formalin** an. Durch besonders gebaute Verdampfer wird es, mit Wasserdampf vermischt, durch das Schlüsselloch oder sonst eine kleine Öffnung in den zu desinfizierenden Raum geleitet. Das Gas muß mindestens 7 Stunden lang im verschlossenen Zimmer wirken können. Vor dem Betreten des Zimmers muß Ammoniak eingeleitet werden, um die heftige Wirkung des Formalins aufzuheben.

e) Im Walde können wir beobachten, daß die untersten Schichten der abgefallenen Blätter dunkelbraun oder schwarz geworden sind. Eine kohlenstoffreiche Substanz ist also übrig geblieben; andere Bestandteile des Blattes müssen als Gas entwichen sein. Dieses Gas läßt sich leicht mit Hülfe des Fig. 295 abgebildeten Apparates nachweisen. Die große Flasche links enthält feuchtes abgefallenes Laub, die kleine Flasche Kalkwasser. Durch das Gefäß rechts (Aspirator), welches mit Wasser gefüllt ist, wird beim Abfließen des Wassers ein Luftstrom durch den ganzen Apparat geführt. Nach kurzer Zeit trübt sich das Kalkwasser: es ist Kohlensäure aus der großen Flasche in die kleine gelangt.

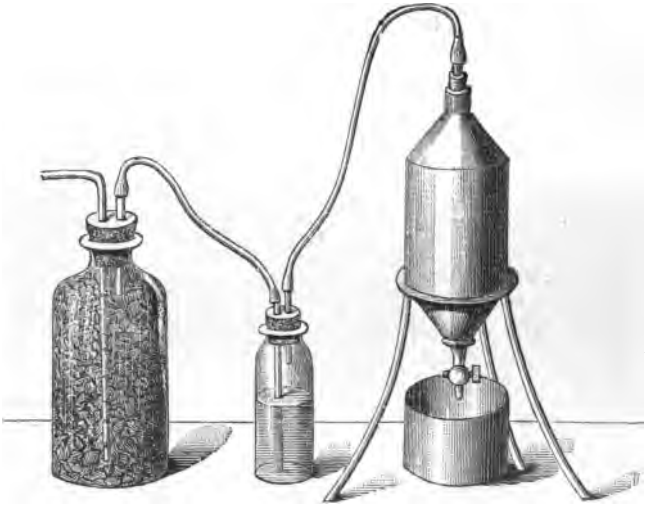


Fig. 295.

Könnte die Trübung des Kalkwassers nicht von der der atmosphärischen Luft beigemischten Kohlensäure herrühren? Zur genaueren Prüfung setzen wir deshalb vor die mit Laub gefüllte Flasche noch eine Waschflasche mit Kalkwasser. Die lange, bis auf den Grund reichende Röhre mündet frei in der Luft, die kurze Röhre steht durch einen Gummischlauch mit der großen Flasche in Verbindung. Die durch die freie Öffnung eingesogene Luft streicht nun durch das Kalkwasser der ersten Waschflasche und gibt dort ihre Kohlensäure ab. Trübt sich nun das Kalkwassser in der zweiten Flasche, so kann die diese Trübung hervorrufende Kohlensäure nur von dem vermodernden Laub herrühren.

Diese langsame Verbrennung, die überall auf Erden, hauptsächlich in den oberen Schichten der Ackererde vor sich geht, nennt man Ver-

moderung. Aus diesem Vorgange stammt die Kohlensäure, welche die Wasserquellen enthalten.

VIII. Die wichtigsten Salze.

§ 96. Das Kochsalz, Chlor und Salzsäure.

a) In jeder Haushaltung findet man das unentbehrliche Kochsalz; denn es dient zum Würzen der Speisen, zum Einpökeln des Fleisches. Die Haustiere sind sehr gierig nach Kochsalz.

Es ist ein weißes, im Wasser leicht lösliches Salz, das im Handel entweder als feines Mehl (**Tafelsalz**) oder in groben Körnern (**Küchensalz**) vorkommt. Ist das Salz durch beigemengte mineralische Stoffe braun, rötlich oder grau, so wird es als **Viehsalz** verwendet.

b) Läßt man eine gesättigte Kochsalzlösung verdunsten, so entstehen kleine, würfelförmige Kristalle. Erhitzt man in einem Blechlöffel einige große Kristalle, so werden sie plötzlich zersprengt, so daß kleine Stückchen weit umher geschleudert werden. Beim Kristallisieren hat das Salz eine winzige Menge der Flüssigkeit eingeschlossen. Durch die Er-

Fig. 296. Salzsee im Steinsalz-Bergwerke bei Wieliczka.

würmung verwandelt sich die Flüssigkeit in Dampf, und dieser führt die Explosion herbei.

c) Das Kochsalz kommt in ungeheueren Massen tief in der Erde vor; es wird bergmännisch gewonnen und heißt dann **Steinsalz.** Die wichtigsten Steinsalzbergwerke in Deutschland sind in Staßfurt (Provinz Sachsen), Sperenberg (südlich von Berlin), Segeberg (Holstein), Oberbayern, Lothringen bei Dieuze. In Österreich befindet sich ein altberühmtes Salzlager bei Wieliczka in Galizien. (Fig. 296.)

Fließt unterirdisches Wasser durch ein Salzlager, so löst es bedeutende Mengen auf und tritt als Salzquelle zutage. Durch Verdampfung des salzhaltigen Wassers (Sole) erhält man das **Solsalz.** Um beim Verdampfen Heizmaterial zu sparen, läßt man die Sole an der Luft verdunsten und fördert diesen Vorgang, indem man die Sole über ein **Gradierwerk** laufen läßt.

Dieses besteht aus einem hohen Gerüst aus Balken, zwischen welchen Baumreisig aufgehäuft ist. Die Sole wird in einen großen Behälter, der oben angebracht ist, gepumpt und tropft nun über die Reisigbündel. Warum geht nun die Verdunstung schnell vor sich? In dem Solwasser sind noch andere Mineralien (Gips, Kalk) aufgelöst. Da diese sehr schwer löslich sind, scheiden sie bei der Verdunstung zuerst aus und überziehen die Zweige mit einer steinharten Kruste (Dornstein)

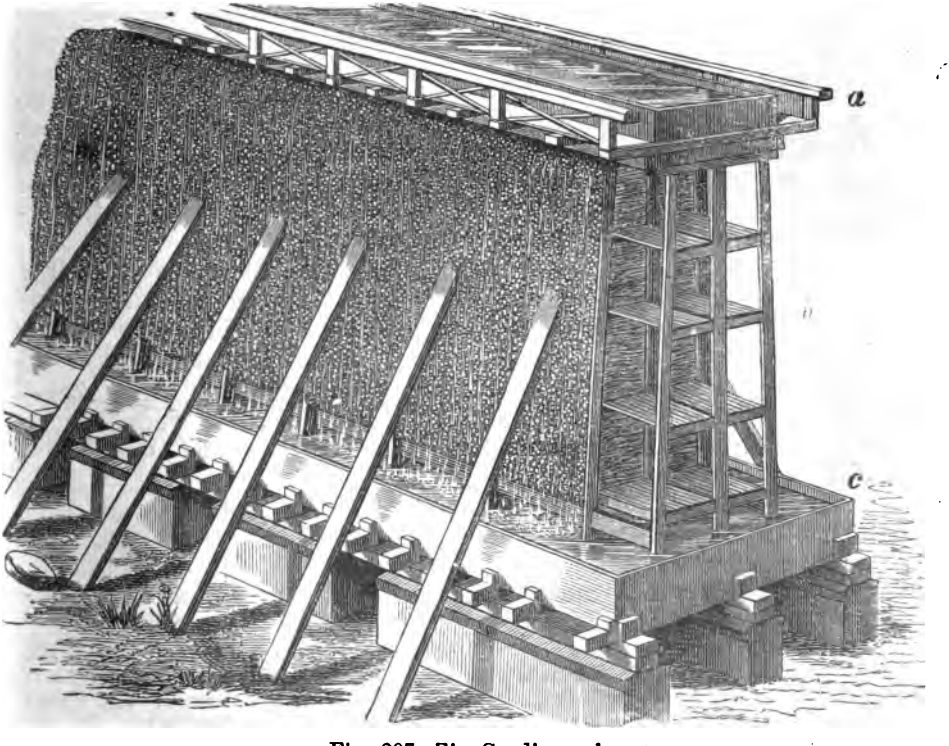


Fig. 297. Ein Gradierwerk.
a natürliche Sole, *b* Wand aus Ästen, *c* stärkere Sole.

Man erhält schließlich eine fast dickflüssige Salzlösung, die in flachen Kesseln vollends eingedampft wird. Die ganze Anlage nennt man eine **Saline**. — Weltbekannt sind die Salinen von Kissingen, Kreuznach, Münster a. St.

Das Meerwasser enthält immer Kochsalz. In südlichen Ländern gewinnt man das **Meersalz**, indem man Meerwasser in flachen Gruben verdunsten läßt.

Die Steinsalzlager sind durch Austrocknung von Binnenmeeren entstanden. Überwiegt der Wasserverlust durch Verdunstung die Zufuhr durch Flüsse, so muß nach und nach das Meer austrocknen, und auf dem Grunde entsteht eine Salzschicht. Im Laufe der Jahrtausende wird dann diese Schicht durch Staub, Sand usw. zugedeckt.

Das Tote Meer hat bereits seinen Sättigungspunkt erreicht und scheidet jetzt schon Salz aus.

d) Woraus besteht Kochsalz? Bringt man eine kleine Menge dieses Salzes mit Hülfe eines Platindrahtes in die nichtleuchtende Flamme eines Spiritus- oder Leuchtgasbrenners, so zeigt die goldgelbe Färbung derselben an, daß das Kochsalz **Natrium** enthält.

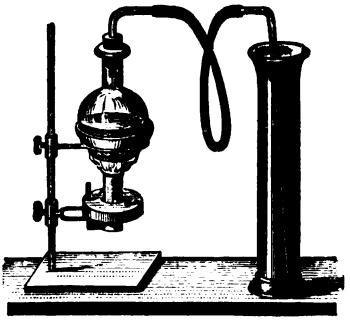


Fig. 298.

Erhitzt man in einer Kochflasche ein Gemenge von gleichen Teilen Kochsalz und Braunstein (ein schwarzbraunes Mineral) mit verdünnter Schwefelsäure, so sammelt sich in dem Zylinder ein grüngelbes, erstickend riechendes, höchst giftiges Gas an, welches schwerer ist als Luft. Es heißt **Chlor**. Demnach besteht Kochsalz aus Chlor und Natrium; es wird in der Chemie **Chlornatrium** genannt.

Chlor verhält sich Metallen gegenüber wie eine Säure. Es verbindet sich mit ihnen, oft unter Feuererscheinung (führe zum Beweise einen sehr dünnen erhitzten Kupferstreifen in das Chlor ein!), und bildet Salze.

Bringt man in eine mit Chlor gefüllte Flasche bunte Zeugstreifen, Blumen, ein mit Tinte beschriebenes Blatt, so verschwinden die Farben nach kurzer Zeit, und die Zeugstreifen werden mürbe und zerfallen.

Chlor ist ein vorzügliches Bleichmittel und wird überall zum Bleichen der Baumwolle, des Papieres angewandt. Da es aber auch die Fasern zerstört, so darf es nur ganz kurze Zeit mit demselben in Berührung bleiben und muß durch sorgfältiges Auswaschen sofort entfernt werden.

Chlor ist **sehr giftig**; es greift die Atmungsorgane heftig an. **Chlorkalk** erhält man, wenn Chlor in Kalkmilch geleitet wird. Es wird oft als Desinfektionsmittel gebraucht. Aus Chlorkalk gewinnt man leicht größere Mengen von Chlor, wenn man es mit einer verdünnten Säure (schon Essig wirkt) übergießt.

e) Läßt man eine Wasserstoffflamme in einem mit Chlor gefüllten Zylinder brennen, so verschwindet langsam die grüne Farbe, und der

Zylinder füllt sich mit einem farblosen, stark riechenden, zum Husten reizenden Gas an. (Fig. 299.) Dieses Gas ist also eine Verbindung von Wasserstoff und Chlor. Es löst sich leicht im Wasser auf und zeigt durch Rötung von blauem Lackmuspapier an, daß es eine Säure ist. Da man es auch unmittelbar aus Kochsalz durch Übergießen desselben mit verdünnter Schwefelsäure erhalten kann, nennt man es **Salzsäure.** Es löst Metalle auf: Zink, Eisen usw.

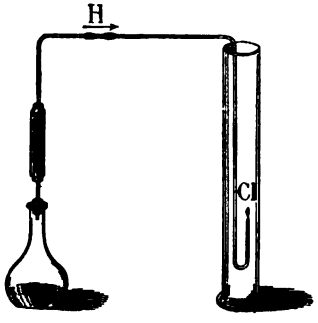


Fig. 299.

Ein Zylinder wird mit wenig Ammoniakwasser ausgeschwenkt. Gießt man nun einige Tropfen Salzsäure hinein, so füllt sich der Zylinder mit dicken weißen Nebeln, die nach kurzer Zeit sich an den Wänden absetzen. Es ist **Salmiak** (Chlorammonium) entstanden.

Man verwendet die Salzsäure zum Reinigen oxydierter Metalle und zum Beseitigen der Kalkkrusten in Kochgefäßen.

f) Neben dem Kochsalz findet man im Meerwasser sowie im Staßfurter Bergwerk Salze, die kein Chlor enthalten, sondern zwei andere Elemente: **Jod** und **Brom.** Das Jod ist ein bleifarbiger, fester Körper, der beim Erhitzen violette Dämpfe bildet und sich leicht in Spiritus löst. Die so erhaltene braune, übelriechende und sehr giftige **Jodtinktur** dient in der Medizin als äußerliches Heilmittel zum Heilen von Geschwülsten.

Brom ist eine dunkelbraune, erstickend riechende, giftige Flüssigkeit.

§ 97. Pottasche und Salpeter.

a) Zur Herstellung einer guten Lauge, mit welcher sich Wäsche leicht reinigen läßt, löst man oft ein weißes Salz, die **Pottasche,** in Wasser auf. Es ist sehr leicht im warmen und im kalten Wasser löslich, und diese Lauge hat die Eigentümlichkeit, die Haut schlüpfrig zu machen, ja sie sogar zu zerstören.

Eine kleine Menge dieses Salzes, mit einem Platindraht in eine nichtleuchtende Flamme gebracht, färbt dieselbe violett: Pottasche enthält also **Kalium.**

Übergießt man in einem hohen Zylinder Pottasche mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure, so läßt sich durch Einführung einer Kerzenflamme nachweisen, daß **Kohlensäure** entstanden ist. Pottasche ist also **kohlensaures Kalium.**

b) Pottasche gewinnt man leicht durch Auslaugen von Holzasche mit heißem Wasser. Auf diese Weise stellt man in holzreichen Gegenden noch heute gute Wäschelauge her, mit welcher sich die Wäsche leicht und schnell reinigen läßt. Dampft man das Wasser ein, so erhält man Pottasche. Jetzt gewinnt man sie meistens aus kaliumhaltigen Salzen, die man in großer Menge im Staßfurter Salzlager findet. Man verwendet die Pottasche hauptsächlich zur Herstellung der Schmierseife, der Kristallgläser und des Salpeters.

c) Der **Salpeter** ist ein weißes, bitter schmeckendes Salz, das sich

leicht im Wasser löst. In der Haushaltung wendet man es oft, vermischt mit Kochsalz, zum Einpökeln des Fleisches an.

Bringt man eine kleine Menge dieses Salzes mit einem Platindraht in eine nichtleuchtende Flamme, so wird diese violett gefärbt: Salpeter enthält also **Kalium.** Um die im Salze gebundene Säure zu erhalten, bringt man es in eine Retorte und übergießt es mit Schwefelsäure. Beim Erwärmen entwickelt sich ein gelbliches Gas, welches sich in der abgekühlten Vorlage zu einer Flüssigkeit verdichtet. Diese riecht stark, raucht an der Luft und rötet lebhaft blauen Lackmus: es ist die **Salpetersäure.** Salpeter ist also **salpetersaures Kalium.**

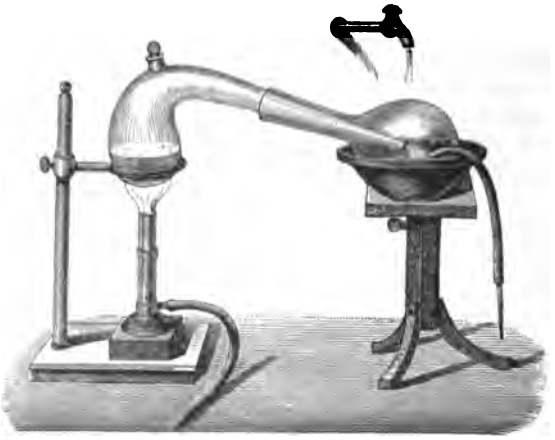


Fig. 300.

Die Salpetersäure ist eine sehr starke, höchst giftige Säure, welche Metalle auflöst, organische Körper gelb färbt und zerstört. Da sie imstande ist Silber aufzulösen, Gold aber nicht, so kann man sie zum Trennen der in einer Legierung enthaltenen beiden Metalle benutzen; der Goldschmied nennt darum die Salpetersäure **Scheidewasser.**

d) Die größte Menge von Salpeter wird zur Herstellung von Schießpulver gebraucht. Das gewöhnliche Schießpulver besteht aus Schwefel, Kohle (also aus leicht brennbaren Stoffen) und Salpeter. Die heftige Wirkung des Schießpulvers beruht darauf, daß durch eine möglichst rasche und vollkommene Verbrennung eine sehr große Menge von Gasen sich entwickelt. Bei der hohen Temperatur und der Kleinheit der Kammer, in welcher die Verbrennung stattfindet, erlangen die Gase eine ungeheuere Spannung und schleudern dann das Geschoß mit großer Gewalt aus dem Geschützrohr. Eine schnelle und vollkommene Verbrennung ist aber nur bei Gegenwart von viel Sauerstoff möglich. Der **Salpeter ist eine reiche Sauerstoffquelle.**

Beweis: In einem Kochfläschchen wird Salpeter zum Schmelzen gebracht. Wirft man nun kleine Holzkohlenstückchen auf den geschmolzenen Salpeter und fährt man mit dem Erwärmen fort, so geraten die Kohlenstückchen plötzlich in starkes Glühen. Salpeter gibt also bei höherer Temperatur Sauerstoff ab.

Anwendung des Pulvers als Sprengmittel. — Wie werden die Minen entzündet?

e) Kaliumsalpeter bildet sich in guter Ackererde, in welcher tierische Stoffe faulen; Natriumsalpeter findet man in großen Mengen in Chile (Chilisalpeter). Er ist ein wichtiges Düngmittel, weil er den zur Bildung von Eiweiß nötigen Stickstoff enthält und an die Pflanzen abgibt.

§ 98. Soda.

a) Häufiger als die Pottasche wird in den Haushaltungen die Soda zu Reinigungszwecken benutzt. Sie kommt als farbloses, durchsichtiges, kristallisiertes Salz in den Handel. Die Kristalle verlieren an der Luft bald ihre Durchsichtigkeit; ihre Oberfläche bedeckt sich mit einer weißen,

undurchsichtigen Schicht. Infolge dieser Verwitterung zerfallen die Kristalle zu einem weißen Pulver.

Die Soda ist leicht im Wasser löslich; die Lösung hat einen laugenhaften Geschmack und wirkt ätzend. Die Haut wird bei längerer Einwirkung runzelig und löst sich ab.

Kocht man in einer Sodalösung fettige Leinwandläppchen, so wird die Flüssigkeit sich dunkel färben, während die Leinwand sauber wird. **Soda ist also ein Fett lösendes Mittel.**

Im harten, also kalkhaltigen Wasser gerinnt die Seife, so daß ihre Wirkung verloren geht. Setzt man dem Wasser Soda zu, so wird es weich, d. h. die Seife löst sich vollständig, bildet einen zusammenhängenden Schaum und wirkt reinigend auf die Wäsche.

b) Um die Bestandteile der Soda kennen zu lernen, bringt man mit einem Platindrahte eine kleine Menge davon in eine nichtleuchtende Flamme; diese zeigt durch die goldgelbe Färbung die Gegenwart von **Natrium** an. — Übergießt man in einem hohen Zylinder Soda mit verdünnter Schwefelsäure, so kann man leicht mit einer Kerzenflamme **Kohlensäure** nachweisen. Soda ist demnach **kohlensaures Natrium.** — Was ist Pottasche, Kochsalz, Salpeter?

c) Die Soda wird in großer Menge fabrikmäßig aus Kochsalz gewonnen, und daher erklärt sich ihr billiger Preis. Man verwendet sie als Reinigungsmittel beim Waschen und Scheuern; ferner bereitet man aus ihr die harten Waschseifen und das Fenster- und Flaschenglas. — Warum nennt man das künstliche Mineralwasser Sodawasser?

d) **Doppeltkohlensaures Natrium** ist ein weißes, eigentümlich schmeckendes Salz, welches mehr Kohlensäure enthält als Soda. Um die Kohlensäure frei zu erhalten, löst man dieses Salz in Wasser auf und fügt dann eine ungefähr gleich große Menge von **Weinsäure** (eine kristallisierbare Säure) hinzu. Die ausgetriebene Kohlensäure löst sich im Wasser auf und verleiht demselben einen erfrischenden Geschmack. Eine Mischung von doppeltkohlensaurem Natrium und Weinsäure heißt **Brausepulver.**

Das bekannte **Backpulver** besteht ebenfalls aus doppeltkohlensaurem Natrium. In der Backofenhitze wird ein Teil der Kohlensäure ausgetrieben und bläht den Teig auf.

§ 99. Säuren, Salze, Basen.

a) Von den chemischen Verbindungen, die wir bis jetzt kennen gelernt haben, tragen einige, nämlich Kohlensäure, schwefelige Säure, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, den gemeinschaftlichen Namen **Säure,** weil sie sauer schmecken und blauen Lackmus rot färben. Der Gehalt an Sauerstoff kann die saure Eigenschaft dieser Verbindungen nicht bedingen, denn wir wissen, daß Schwefelwasserstoff und Salzsäure dieses Element nicht enthalten. Auch der saure Geschmack kann nicht maßgebend sein, denn wir werden eine Säure kennen lernen (§ 103), die in Wasser nicht löslich ist und deshalb auch keinen Geschmack haben kann. Außerdem haben wir gefunden, daß schwefelige Säure, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff nur als wässerige Lösung sauer schmecken und blauen Lackmus röten; in vollständig trockenem Zustand sind sie keine Säuren. Welches Element ist denn der wesentliche Bestandteil jeder Säure? Bei der Salzsäure und dem Schwefelwasserstoff ist nach-

gewiesen worden, daß sie beide das gemeinschaftliche Element Wasserstoff enthalten. Enthält die Schwefelsäure auch Wasserstoff? In einer Gasentwicklungsflasche (Fig. 301) übergießen wir Zink oder Eisen mit Wasser; es tritt keine Erscheinung auf. Setzt man nun etwas Schwefelsäure hinzu, so entwickelt sich sofort ein Gas, das sich leicht als Wasserstoff nachweisen läßt. Dieses Gas kann nicht aus dem Zink oder dem Eisen kommen, denn diese Metalle sind Elemente. Es stammt auch nicht aus dem Wasser, denn vor dem Zusatz von Schwefelsäure trat keine Wirkung ein. Die Wasserstoffentwicklung beginnt erst, wenn Schwefelsäure zugesetzt wird; sie nimmt zu, wenn die Menge der Schwefelsäure vermehrt wird; sie hört auf, wenn die Säure verbraucht ist. Die Schwefelsäure enthält demnach auch Wasserstoff. Schwieriger ist der Beweis zu liefern, daß auch die Salpetersäure eine Wasserstoff enthaltende Verbindung ist. Läßt man die Dämpfe der Salpetersäure durch ein bis zur Weißglut erhitztes Porzellanrohr streichen, so zerfällt die Säure in Wasser, Sauerstoff und Stickstoff. Wir gelangen somit zunächst zu dem Ergebnis: **Alle Säuren sind Wasserstoffverbindungen.**

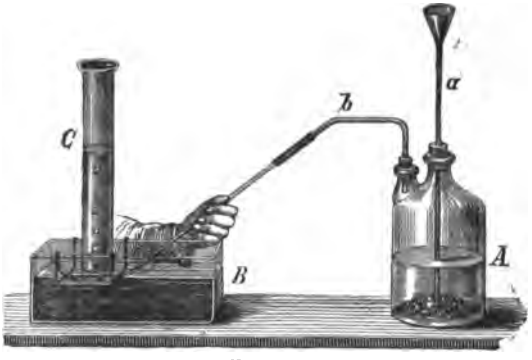


Fig. 301.

b) In eine Kochflasche bringt man Zink und Salzsäure (Chlorwasserstoffsäure); in einer andern übergießt man Eisen mit verdünnter Schwefelsäure. Das entweichende Gas ist Wasserstoff. Allmählich verschwinden die Metalle, die Gasentwickelung wird schwächer und hört ganz auf, wenn von den Metallen keine Spur mehr zu sehen ist. Was ist aus den Metallen geworden? Um dies zu erfahren werden beide Flüssigkeiten filtriert; die erste ist wasserhell, die zweite hellgrün. Die Flüssigkeiten werden eingedampft und in flache Schalen gegossen, in denen die Verdunstung langsam bis zu Ende vor sich gehen kann. Aus der ersten Flüssigkeit erhalten wir kleine, farblose Kristalle, aus der zweiten größere Kristalle von hellgrüner Farbe. Da die beiden Stoffe mit dem bekannten Kochsalz die Eigenschaften gemeinschaftlich haben, Kristalle zu bilden und im Wasser löslich zu sein, nennt man auch sie **Salze**. Sie sind dadurch entstanden, daß im ersten Vorgang das Zink, im zweiten das Eisen an Stelle des Wasserstoffes der verwendeten Säure getreten sind.

1. Die Säuren sind Wasserstoffverbindungen, in denen der Wasserstoff durch ein Metall ersetzt werden kann.

2. Salze entstehen dadurch, daß der Wasserstoff einer Säure durch ein Metall ersetzt wird.

c) Das durch Auflösen von Zink in Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure) erhaltene Zinksalz kann neben dem Zink nur den Rest der Säure, also Chlor enthalten; es hat deswegen den Namen Zinkchlorid erhalten. Auch

das zweite Salz enthält neben Eisen den Rest der Schwefelsäure und heißt deshalb schwefelsaures Eisen. Woraus dieser Säurerest besteht, erfahren wir, wenn wir in einer Kochflasche Eisen mit konzentrierter Schwefelsäure übergießen. Zunächst bemerken wir keine Einwirkung der Säure auf das Metall. Erhitzen wir aber die Mischung, so entwickelt sich bald schwefelige Säure, die an ihrem charakteristischen Geruche leicht zu erkennen ist. Aus diesem Versuche und aus dem unter *b*) ergibt sich also, daß die Schwefelsäure aus Wasserstoff, Schwefel und Sauerstoff besteht. In dem schwefelsauren Eisen müssen demnach außer dem Metalle noch Schwefel und Sauerstoff enthalten sein.

d) Es gibt noch ein zweites Verfahren, um Salze zu erhalten. Übergießt man Zinkoxyd oder Eisenoxyd mit verdünnter Schwefelsäure oder mit Salzsäure, so lösen sich die Oxyde in den Säuren auf. Ein Gas entwickelt sich nicht. Dampft man die Lösungen ein, so erhält man bei der Anwendung von Zinkoxyd und Schwefelsäure farblose Kristalle, bei der Anwendung von Eisenoxyd und Schwefelsäure grüne Kristalle. Es sind Salze entstanden. Die Entwicklung eines Gases trat nicht ein, weil der Wasserstoff der Säure sich mit dem Sauerstoff der Oxyde zu Wasser verband. Die Metalloxyde bilden die Grundlage der Salze und werden deshalb auch **Basen** genannt. **Die Basen verbinden sich mit den Säuren zu Salzen unter Bildung von Wasser.**

Sind die Basen in Wasser löslich, so färben sie roten Lackmus blau, sie schmecken laugenhaft und haben eine ätzende Wirkung auf organische Körper. Man nennt diese Basen **Alkalien.** — Verbrennt man in einem eisernen Löffel ein Stückchen Natrium, so bleibt das weiße Natriumoxyd (Natron) übrig, das sich leicht im Wasser auflöst und demselben die eben genannten Eigenschaften erteilt. Natron ist also ein Alkali, eine starke Base. Aus dem Kalium erhält man auf dieselbe Weise Kaliumoxyd oder Kali.

In eine Lösung von Natron legt man ein Stückchen rotes Lackmuspapier; es wird sofort tief blau. Tröpfelt man nun behutsam Salzsäure in die Lösung, so kann man leicht den Augenblick feststellen, in dem das blaue Lackmuspapier in die rote Farbe übergehen will, ein Beweis dafür, daß keine freie Base und auch keine freie Säure mehr vorhanden sind: Natron und Salzsäure müssen eine chemische Verbindung gebildet haben. Wird die Lösung eingedampft, so erhält man ein in kleinen Würfeln kristallisierendes Salz, das am Geschmack als Kochsalz (Chlornatrium oder Natriumchlorid) erkannt wird. Wie erhält man Chlorkalium, schwefelsaures Natrium, salpetersaures Kalium?

Zur Bezeichnung der Salze wählt man einen Namen, der aus einem Eigenschaftswort und einem Dingwort besteht. Das erste Wort gibt die Säure, das zweite das Metall an, aus denen das Salz besteht. Enthält das Salz als Säurerest nur Chlor, so setzt man nur den Namen dieses Elementes vor das Metall, z. B. Chlornatrium. Die schwefelsauren Salze heißen auch **Sulfate** (Eisensulfat), die salpetersauren Salze **Nitrate** (Kaliumnitrat), die kohlensauren Salze **Karbonate** (Natriumkarbonat), die Chlorsalze **Chloride** (Natriumchlorid).

Gib die chemischen Namen der Salze Pottasche, Soda, Kochsalz, Salpeter an!

§ 100. Der Kalkstein und der Gips.

a) Der Kalkstein ist ein graues oder gelbliches Mineral von geringer Härte, welches sehr häufig vorkommt und ganze Gebirge bildet. Er verwittert leicht und ist ein Hauptbestandteil der Ackererde.

Gießt man über kleine Kalksteinbrocken Salzsäure, so braust die Flüssigkeit heftig auf; in Blasen entweicht eine große Menge von **Kohlensäure**. Dieselbe Erscheinung tritt ein, wenn man ebenso Kreide oder Marmor behandelt.

Um weiteren Aufschluß über die Bestandteile dieser drei Mineralien (Kalkstein, Kreide, Marmor) zu erhalten, erhitzt man sie sehr stark, entweder mit einer Gebläselampe oder indem man sie in die glühenden Kohlen eines Dauerbrenners (Füllofens) legt. Nimmt man sie nach einiger Zeit heraus, so zeigt sich: 1. daß sie leichter geworden sind; 2. daß sie, mit Säure übergossen, nicht mehr aufbrausen; 3. daß sie, mit kaltem Wasser besprengt, warm werden; 4. daß sie roten Lackmus blau färben. Da die Säure kein Aufbrausen mehr hervorruft, so ist der Gewichtsverlust leicht erklärlich: die Kohlensäure ist entwichen. Der übrig gebliebene Stoff zeigt durch das Blaufärben des Lackmus an, daß er eine Base ist. Er ist das Oxyd eines in der Natur niemals gediegen vorkommenden Metalles, des **Calciums**, welches nahe mit Kalium und Natrium verwandt ist. Dieses Oxyd heißt **Kalk**. — **Kalkstein, Kreide, Marmor** sind also kohlensaures Calciumoxyd oder **kohlensaurer Kalk** (Calciumkarbonat).

b) Folgende Mineralien bestehen aus kohlensaurem Kalk:

Fig. 302. Doppelspat.

Eine einfache Schrift durch den Doppelspat betrachtet.

1. Der **Kalkspat** ist kristallisierter kohlensaurer Kalk. Er ist farblos, oft durchsichtig und zeigt die Eigentümlichkeit, das Licht doppelt zu brechen. (Fig. 302.)

2. Der **Marmor** ist sehr hart, polierfähig und zeigt auf einer frischen Bruchfläche, daß er aus lauter sehr kleinen Kristallen zusammengesetzt ist. Der schönste Marmor ist der rein weiße, aus welchem schon die alten griechischen Künstler ihre unnachahmlichen Denkmäler und Statuen herstellten. Prächtige Blöcke findet man bei Carrara in Italien. Meistens besteht der Marmor aus einer Grundmasse von grauer, schwarzer oder gelblicher Farbe, welche von helleren oder ganz weißen Adern durchzogen ist.

3. Die **Kreide**, ein weiches, weißes Mineral, kommt hauptsächlich auf der Insel Rügen und in der Champagne vor. Wegen ihrer sehr geringen Härte wird sie zum Schreiben und als Schlämmkreide zum Putzen von feinen Metallwaren gebraucht. Auch als weißer Farbstoff findet sie vielfach Verwendung.

Bringt man ein wenig Kreidestaub unter das Mikroskop, so erkennt das staunende Auge, daß die Kreide aus lauter niedlichen Schalen besteht, die an die kleinsten Schneckenhäuschen erinnern. (Fig. 303.) Die riesigen Kreidefelsen der Stubbenkamer auf Rügen, an der Küste Englands, die Gebirge der Champagne, des Pariser Beckens, die gigantischen Kalkalpen: sie sind alle zum größten Teil von mikroskopisch kleinen Tierchen, den Foraminiferen oder Kreidetierchen, aufgebaut worden.

Fig. 303. Kreide, stark vergrößert.

4. Der gewöhnliche oder dichte **Kalkstein**, der in fast allen Ländern Gebirge bildend auftritt, wird in Steinbrüchen gewonnen. Hie und da dient er als Baustein, oder er liefert Beschotterungsmaterial für Straßen. Meistens aber wird er in besonderen Öfen gebrannt, und man erhält so den Kalk. Diese chemische Verbindung, Calciumoxyd, wird mit Wasser gelöscht, mit Sand vermengt, und die so hergestellte Mischung dient als Mörtel beim Häuserbau. Da der Kalk mit dem Wasser eine neue chemische Verbindung bildet und bekanntlich bei einem solchen chemischen Vorgang Wärme entsteht, so ist damit erklärt, warum der mit kaltem Wasser übergossene Kalk bis zur Siedehitze des Wassers erhitzt wird, so daß reichliche Wasserdämpfe aufsteigen.

Kalk ist im Wasser löslich, und man erhält auf diese Weise Kalkwasser. Erkläre warum beim Einleiten von Kohlensäure in Kalkwasser sich dieses trübt (§ 90 *a*)! — Warum wird das trübe Kalkwasser wieder klar, wenn man längere Zeit Kohlensäure einleitet? — Was ist hartes, was weiches Wasser?

c) In den Kalksteingebirgen findet man viele Höhlen, welche die wunderbaren **Tropfsteingebilde** zeigen. (Fig 304.) Von der Decke hängen große Zapfen von kohlensaurem Kalk herab, auf dem Boden ragen ähnliche Zapfen empor; oft verwachsen sie zu einer Säule. Sie sind durch das Verdunsten von hartem Wasser entstanden, welches durch Risse an der Decke der Höhlen langsam einsickerte und den aufgelösten kohlensauren Kalk absetzte. Andere Tropfen fielen auf den Boden, lagerten hier das aufgelöste Mineral ab, und so wuchsen die Zapfen in die Höhe.

d) Die größte Masse der Kalksteine ist in einer späteren Periode der Erdgeschichte entstanden als die Steinkohle; man nennt diese Periode nach dem wich-

Fig. 304. Tropfsteingebilde in der Adelsberger Grotte: „Kalvarienberg".

tigsten Kalksteingebirge Europas die **Juraperiode.** Die sehr zahlreich zwischen den Schichten der Gebirge gelagerten Versteinerungen erzählen uns, daß das Pflanzenleben ein mannigfaltigeres war als dasjenige der Steinkohlenperiode; denn neben den bekannten Steinkohlenpflanzen trifft man verschiedene Arten von Nadelhölzern an.

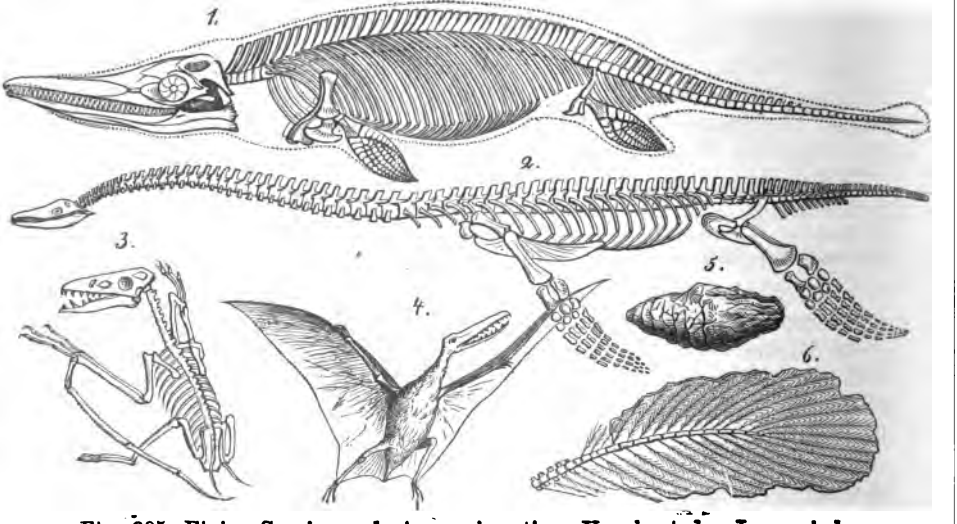


Fig. 305. Einige Saurier und ein saurierartiger Vogelrest der Juraperiode.

1. Ichthyosaurus communis. 2. Plesiosaurus dolichodérus. 3. Pterodactylus crassirostris. 4. Restaurierter Pterodactylus. 5. Koprolith (Kotballen) von Ichthyosaurus (zeigt schraubenförmige Windungen) 6. Befiederter Schwanz von Archaeópteryx.

Am interessantesten sind die Funde, welche uns über die Tierwelt Aufschluß geben. (Fig. 305.) In den Meeren jener Zeit tummelten sich große Tiere von abenteuerlicher Gestalt: die **Fischechsen** (Ichthyosaurus) und die **Schlangenechsen** (Plesiosaurus). Von Baum zu Baum flatterten unheimliche Reptilien mit Fledermausflügeln, die **Flugechsen** (Pterodactylus), während in der Luft der **Urvogel** (Archaeopteryx) mit seinem breiten Ruderschwanz schwerfällig dahinflog.

e) An Fahrrädern, Automobilen, herrschaftlichen Kutschen sieht man heutzutage oft Azetylenlampen; auch zur Beleuchtung von vereinzelt liegenden Gasthöfen wird Azetylen verwendet. Dieses Gas strahlt beim Verbrennen ein prachtvolles, weißes Licht aus, das heller als das Leuchtgaslicht ist. Zur Erzeugung des Azetylens braucht man nur eine Verbindung von Calcium und Kohlenstoff, **Calciumcarbid** genannt, mit Wasser zu übergießen. Die Entwickelung des Gases geschieht sehr stürmisch und muß deshalb mit Vorsicht vorgenommen werden. — Moissan in Paris hat eine billige Herstellungsweise des Calciumcarbids gefunden. Ein eiserner Tiegel *B* ist an den Wänden mit feuerfesten Steinen ausgekleidet; den Boden bedeckt eine leitende Kohlenschicht *A*, die mit dem — Pol *C* einer starken Stromquelle verbunden ist. In den Tiegel ragt von oben ein dicker Kohlenstift *D*, der mit dem + Pol in Verbindung steht. Wenn der Lichtbogen entstanden ist, beschickt man den Tiegel mit einer Mischung von gebranntem Kalk und Koks, und unter der Einwirkung der ungeheueren Wärme des Lichtbogens (3000—4000°) bildet sich das Karbid aus der Verbindung dieser beiden Rohstoffe. Das fertige Karbid wird von Zeit zu Zeit durch die Abstichöffnung *a* abgelassen, nach dem Erkalten zerkleinert und sofort in Blechbüchsen mit luftdicht schließendem Deckel verpackt; denn schon die Luftfeuchtigkeit wirkt auf das Karbid und entwickelt Azetylen. — Die Lampen enthalten einen Wasserbehälter, in den ein kleiner Drahtkorb mit Karbidstückchen taucht. Das sich entwickelnde Gas drückt das Wasser in einen seitlichen Raum, so daß bald das Karbid nicht mehr oder nur wenig mit dem Wasser in Berührung ist und eine zu heftige Entwickelung des Gases vermieden wird

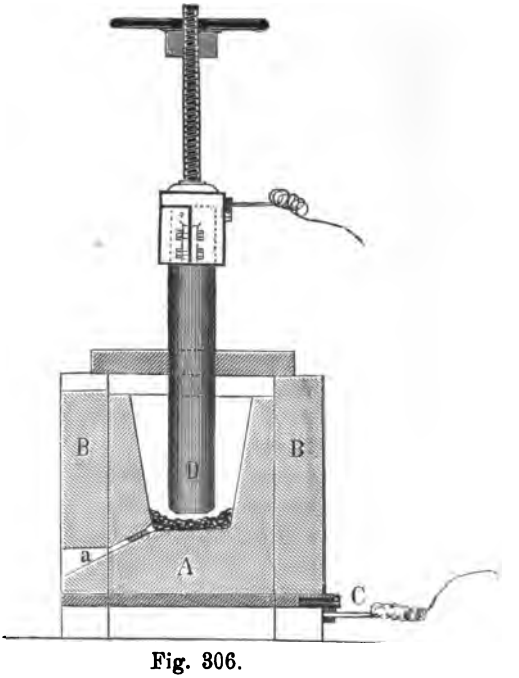


Fig. 306.

f) Die Wände und Decken der Wohnräume werden mit einer weißen Schicht überzogen. Das Mineral, welches dazu den Stoff liefert, ist der **Gips**. Mit einer Säure übergossen, braust er nicht auf: er ist **schwefelsaurer Kalk**. Er kommt nicht häufig vor, tritt auch nicht Gebirge bildend auf.

Ist der Gips rein weiß, dicht und durchscheinend, so nennt man ihn **Alabaster**, aus welchem kunstvolle Vasen geschliffen werden. Meistens ist der Gips grau oder schmutzig weiß und erhält erst die weiße Farbe, wenn er gebrannt wird. Benutzung zu Abgüssen, Büsten, Statuetten.

§ 101. Eisen- und Kupfervitriol.

a) Zwei durch ihre charakteristische Farbe ausgezeichnete Salze kommen häufig im Handel vor: das hellgrüne Eisenvitriol und das schön blaue Kupfervitriol. Beide sind im Wasser leicht löslich, und durch langsame Verdunstung des Wassers erhält man diese Salze in ihrer Kristallgestalt.

Merke: Beide sind **giftig!**

b) Löst man Eisen in verdünnter Schwefelsäure auf, so entweicht ein Gas, das sich leicht als Wasserstoff nachweisen läßt. Bei der Verdunstung der filtrierten, grünlichen Lösung erhält man das grüne Eisenvitriol; dieses ist also **schwefelsaures Eisen** (Eisensulfat).

Gießt man in die Lösung von Eisenvitriol Kalilauge, eine Lösung von Kaliumoxyd in Wasser, so entsteht ein schmutzig grüner Niederschlag, der bald an der Luft die bekannte braune **Rostfarbe** annimmt. Es ist wasserhaltiges **Eisenoxyd** entstanden. Auf diese Weise ist der Gehalt an Eisen nachgewiesen; die Schwefelsäure hat sich mit dem Kalium zu schwefelsaurem Kalium verbunden, welches leicht aus der abfiltrierten Flüssigkeit durch Eindampfen derselben gewonnen werden kann.

c) Die in § 91 *e* erwähnten Teerfarbstoffe haben bekanntlich den Nachteil, daß die mit denselben gefärbten Stoffe nicht immer licht- oder waschecht sind. Aus den Metallsalzen kann man sehr haltbare Farbstoffe herstellen.

d) **Schwarze Tinte.** Diesen bekannten, tiefschwarzen Farbstoff erhält man, wenn eine Lösung von **Gerbsäure** (erhalten durch längeres Einweichen zerstoßener Galläpfel in Wasser) in eine Lösung von **Eisensulfat** gegossen wird. Dabei verbindet sich die Gerbsäure mit dem Eisen, und es entsteht nach kurzer Zeit ein schwarzer Niederschlag. Nicht nur zum Schreiben, sondern auch zum Schwarzfärben von Holz und Leder wird dieser Farbstoff gebraucht. — Mit **Oxalsäure** (giftig!), die in den Blättern des Sauerampfers vorkommt, kann die Tinte entfärbt werden. — Chlor bleicht die Tinte, braune Spuren von Eisenoxyd bleiben übrig.

Schreibe mit einer stark verdünnten Lösung von Eisensulfat auf weißes Papier; nach dem Trocknen sind die Schriftzüge nicht zu sehen. Betupfe jetzt das Blatt mit einem Schwamm, der mit einer verdünnten Lösung von Gerbsäure befeuchtet ist; die Schriftzüge werden sichtbar (sympathetische Tinte). — Da die Eisentinte leicht schimmelt, wird sie, um dieses zu verhindern, mit giftigen Stoffen vermischt. Kinder dürfen deshalb Tintenklexe nicht durch Ablecken beseitigen.

e) **Berlinerblau.** Man erhält diesen schönen blauen Farbstoff, indem man zu einer Lösung von **Eisensulfat** eine Lösung von **gelbem Blutlaugensalz** gießt. Der sich bildende Niederschlag hat zuerst eine weißlichblaue Färbung, an der Luft wird er rasch dunkelblau. Dieser sehr haltbare, im Wasser unlösliche Farbstoff wurde früher hauptsächlich zum

Färben der Wolle gebraucht; heutzutage wird er nicht mehr in großen Mengen dargestellt, da er durch die Teerfarben aus der Färberei verdrängt wird. — Die geringsten Spuren von Eisen in einer Lösung können mit gelbem Blutlaugensalze durch das Auftreten der charakteristischen blauen Färbung nachgewiesen werden. Einen Stoff, der einen andern untrüglich nachweist, nennt man ein **Reagens**. Gelbes Blutlaugensalz ist also ein Reagens auf Eisen.

Koche roten oder gelben Sand mit Salzsäure und gieße in die abfiltrierte Lösung eine solche von gelbem Blutlaugensalze. — Nimm Eisenerze und Salz- oder Schwefelsäure und weise den Eisengehalt nach. — Tauche einen Streifen Filtrierpapier oder Baumwolle zunächst in eine Lösung von Eisenvitriol und, wenn er trocken ist, in eine solche von gelbem Blutlaugensalz.

f) In einer Kochflasche werden Kupferspäne in kochender Schwefelsäure gelöst. Das sich entwickelnde Gas wird durch den Geruch als schwefelige Säure erkannt; aus der entstandenen blauen Flüssigkeit erhält man bei der Verdunstung derselben das blaue Kupfervitriol; dieses ist also **schwefelsaures Kupfer** (Kupfersulfat).

Man kann leicht nachweisen, daß Kupfer ein Bestandteil des blauen Kupfervitriols ist; denn wenn man ein Stück blankes Eisen in die Lösung steckt, so schlägt sich augenblicklich rotes Kupfer darauf nieder. Läßt man das Eisenstück lang genug in der Lösung liegen, so wird die ausgeschiedene Kupfermenge immer größer; dafür aber nimmt die blaue Farbe immer mehr und mehr ab, um endlich einer grünlichen Platz zu machen. Das Eisen ist durch die freiwerdende Schwefelsäure aufgelöst worden, und es ist Eisenvitriol entstanden.

g) An Standbildern aus Bronze (Legierung von Kupfer und Zinn) entsteht im Laufe der Zeit ein grüner Überzug, Pátina genannt. Er zeigt sich auch an alten kupfernen Geräten, Waffen, Münzen, die lange Zeit in der Erde vergraben waren. Volkstümlich heißt dieser Überzug **Grünspan**. Man kann diesen Stoff leicht künstlich herstellen, indem man in eine Lösung von Kupfersulfat Sodalösung gießt. Es entsteht ein schön grüner Niederschlag, der durch Filtrieren von der darüber stehenden wasserklaren Flüssigkeit getrennt werden kann. Bringt man den getrockneten grünen Niederschlag in verdünnte Schwefelsäure, so entweicht Kohlensäure unter Aufbrausen, und es entsteht wieder blaues Kupfersulfat. Der grüne Stoff ist also **kohlensaures Kupfer** (Kupferkarbonat). Es ist dadurch entstanden, daß die Kohlensäure der Soda und die Schwefelsäure des Kupfersulfates ihre Plätze vertauscht haben. In der wassenhellen Flüssigkeit muß also Natriumsulfat enthalten sein, ein Salz, das leicht durch Auskristallisieren erhalten werden kann.

Das kohlensaure Kupfer wird im Großen dargestellt, weil es ein wichtiger, ungiftiger Farbstoff ist. Es trägt im Handel den Namen **Mineralgrün**. Der **Malachit**, ein grünes Kupfererz, das in dunkelgrün geaderten Knollen besonders schön in Rußland gefunden wird, ist natürliches Kupferkarbonat.

h) Im Gegensatze zu dem vorigen Grünspan gibt es noch einen äußerst **giftigen Grünspan**, den man leicht erhält, wenn man ein blankes Kupferblech oder Kupfermünzen mit **Essig** besprengt. Dieser blaugrüne

Farbstoff ist also **essigsaures Kupfer.** Auch aus dem kohlensauren Kupfer kann man ihn durch Behandeln mit Essigsäure darstellen, wobei Kohlensäure unter Aufbrausen entweicht.

Der giftige Grünspan kann sich leicht in Speisen einschleichen und Vergiftungsfälle erzeugen, wenn nämlich saure oder auch zuckerhaltige Speisen in kupfernen Kesseln gekocht werden (der Zucker verwandelt sich leicht in Essig). — Man sollte in der Küche nur verzinnte kupferne Kochgefäße gebrauchen.

Der giftige Grünspan wird als Malerfarbe benutzt und deshalb im großen dargestellt durch Einpacken von Kupferblechen in Weintreber, da sich in diesen leicht Essigsäure entwickelt.

i) Eine prächtig dunkelblaue Flüssigkeit erhält man, wenn man in eine Lösung von Kupfervitriol (Kupfersulfat) so viel Ammoniak gießt, bis der sich zuerst bildende hellblaue Niederschlag sich wieder löst. Die kleinsten Mengen Kupfer können auf diese Weise nachgewiesen werden. Ammoniak ist demnach ein **Reagens** auf Kupfer. — Untersuche in dieser Weise Kupfersalze und -erze!

k) Eisen- und Kupfervitriol werden fabrikmäßig in großen Mengen gewonnen und oft gebraucht; denn beide liefern wichtige Farbstoffe. Außerdem werden sie auch häufig als Desinfektionsmittel verwendet. — Verwendung des Kupfervitriols zum Verkupfern siehe § 108.

Der Landwirt hat oft über die verheerenden Wirkungen kleiner Pilze zu klagen: das Getreide wird durch den **Brandpilz** zerstört, der **Blattfallpilz** tötet die Blätter der Weinrebe, so daß ihre Früchte nicht reif werden. Diese Krankheiten lassen sich verhüten oder bekämpfen durch Kupfervitriol. Bevor das Getreide gesät wird, legt man die Saatkörner in eine Lösung von Kupfervitriol. Die belaubten Reben bespritzt man mit einer dünnen Kupfervitriollösung und tötet auf diese Weise den Blattfallpilz.

§ 102. Höllenstein und Photographie.

a) Woher hat dieses weiße, durchscheinende Salz, das immer in braunen Flaschen aufbewahrt wird, den sonderbaren Namen Höllenstein (pierre infernale)? Betupft man mit ihm eine wunde Stelle der Haut oder eine Stelle einer nervenreichen Schleimhaut, so fühlt man einen brennenden Schmerz. Ist die betupfte Stelle dem Lichte ausgesetzt, so färbt sie sich schwarz. Aus diesen beiden Wirkungen erklärt sich der Name. Höllenstein ist sehr **giftig.**

Man erhält dieses Salz leicht, indem man reines Silber in Salpetersäure auflöst. Höllenstein ist also **salpetersaures Silber** (Silbernitrat). — Die ätzende Wirkung rührt von dem Gehalte an Salpetersäure her. Die Schwarzfärbung entsteht dadurch, daß das weiße Licht das Salz in seine Bestandteile zerlegt: reines Silber in fein verteiltem Zustande ist schwarz. Die schwarze Farbe rührt also nicht von einer Verkohlung her.

b) Gießt man in eine Lösung von Höllenstein Salzsäure oder Kochsalzlösung, so entsteht ein weißer, käsiger Niederschlag, der am Licht rasch schwarz wird: es ist **Chlorsilber** entstanden. — Tränkt man ein Blatt ungeleimtes Papier mit Kochsalz und legt man es nachher einige

Sekunden in eine Höllensteinlösung, so entsteht auf dem Papier ebenfalls das lichtempfindliche Chlorsilber. Lege nun ein Spitzengewebe auf das Blatt, bedecke es mit einer Glasplatte und setze das Ganze dem Sonnenlichte aus! In kurzer Zeit werden die von der Spitze nicht bedeckten Stellen des Papieres schwarz. Entfernt man Glasplatte und Spitzengewebe, so erscheint das letztere als weiße Zeichnung auf dunkelm Grunde. Durch Einlegen des Papierblattes in eine im Handel leicht zu bekommende Flüssigkeit, **Fixierer** genannt, schützt man die weißen Stellen vor dem Schwarzwerden.

Ganz ähnlich verläuft das **Photographieren.**

c) Wiederhole § 70! Die lichtempfindliche Platte, welche nach dem Einstellen des Apparates gegen die matte Glasplatte ausgewechselt wird, ist mit einer feinen Gelatineschicht bedeckt, in der ein äußerst lichtempfindliches Silbersalz, das **Bromsilber** (Silberbromid), enthalten ist. Es genügt ein Augenblick, um die Zersetzung des Bromsilbers an den vom Lichte getroffenen Stellen herbeizuführen.

Angenommen, es soll ein weißes Haus mit schwarzem Schieferdach photographiert werden. Einen Augenblick nur läßt der Photograph das Licht einwirken; dann verschließt er sorgfältig die lichtempfindliche Platte und trägt sie in einen dunkeln Raum, der nur spärlich von einer roten Laterne beschienen wird. Zuerst kommt nun die Platte in eine Flüssigkeit, den Entwickler, und allmählich entsteht ein sonderbares Bild auf der Platte, nämlich ein schwarzes Haus mit weißem Dache. Dieses Bild heißt das **negative Bild.**

Erklärung: Von dem weißen Hause gingen viele Lichtstrahlen aus, die das Bromsilber zersetzten. Diese Zersetzung ist jedoch unserm Auge nicht sichtbar, da nur Brom entweicht und farbloses Silberbromür*) zurückbleibt. Der Entwickler scheidet nun aus diesem Silberbromür das metallische Silber von schwarzer Farbe aus, während er auf das Silberbromid keine Wirkung hat.

Warum erscheint das Dach auf dem negativen Bilde weiß?

Mit Hülfe des Fixierbades wird das unzersetzte Bromsilber (Silberbromid) aufgelöst, und das negative Bild ist nun ein dauerndes geworden.

Zur Herstellung des **positiven Bildes** legt man unter das negative Bild ein Blatt Papier, welches Chlorsilber enthält und setzt das Ganze dem Tageslicht aus. Nach einigen Stunden hat man auf dem Papier ein Bild, welches die der Wirklichkeit entsprechenden Lichtverhältnisse zeigt, also weißes Haus mit schwarzem Dache.

Erklärung: Die schwarzen Stellen auf der Glasplatte sind, weil dort Silber ausgeschieden ist, undurchsichtig. Licht kann also nicht hindurchfallen, das Chlorsilber auf dem Papier bleibt unzersetzt. Erkläre nun weiter, wie die schwarzen Stellen auf dem Papier entstehen! Auch dieses Bild muß ins Fixierbad kommen, damit das unzersetzte Chlorsilber beseitigt wird.

*) Das Bromür enthält weniger Brom als das Bromid. Wodurch unterscheidet sich ein Chlorür von einem Chlorid?

d) Wichtigkeit der Photographie als Momentphotographie für die Medizin, die Naturwissenschaften. Photographische Aufnahme galoppierender Pferde, fliegender Vögel, marschierender Soldaten, belebter Straßen, fahrender Eisenbahnzüge.

Der **Kinematograph** ist ein optischer Apparat ähnlich einer Zauberlaterne. Hinter der Linse wird möglichst schnell ein langes durchsichtiges Band abgewickelt, auf welchem sich viele, rasch hintereinander aufgenommene Photographien eines bewegten Gegenstandes befinden. Auf einem Schirm erscheint dann ein Bild des Gegenstandes, welcher sich zu bewegen scheint. (Dauer des Lichteindruckes im Auge, § 71 *c*.)

e) Zur Herstellung der Bilder in Büchern und illustrierten Zeitschriften verwandte man früher ausschließlich den Holzschnitt. Auch heutzutage ist dieses Illustrationsmittel noch häufig in Gebrauch. Viel billiger und schneller kommt man aber mit dem **Lichtzinkdruck** zum Ziel. Dieses Vervielfältigungsverfahren beruht darauf, daß der Asphalt, wenn er belichtet worden ist, von Terpentinöl nicht mehr aufgelöst wird. Man überzieht eine Zinkplatte mit einer Asphaltlösung und legt sie, nachdem sie trocken geworden ist, unter ein photographisch hergestelltes Negativ. Unter den durchsichtigen Stellen derselben (also den Schattenstellen des Originals) wird der Asphalt unlöslich; unter den undurchsichtigen Stellen des Negativs bleibt er löslich. Nach einiger Zeit legt man die Zinkplatte in Terpentinöl; dieses löst den nicht veränderten Asphalt auf, und es erscheint ein braunes Bild, welches dem Original entspricht. Gießt man nun verdünnte Salpetersäure auf die Platte, so bildet der unlösliche Asphalt eine Schutzdecke für das darunter liegende Zink, während die bloßen Stellen des Metalles aufgelöst werden. Man erhält auf diese Weise ein erhabenes Bild; die Platte kann nun unmittelbar in die Buchdruckpresse eingesetzt werden. — Zeigt das aufzunehmende Original sogenannte Halbtöne, d. h. sanfte Übergänge von Licht in Schatten, so müssen diese in Striche und Punkte zerlegt werden; denn sonst würde das Bild nur schroffe Licht- und Schattengegensätze zeigen. Man setzt zu dem Zweck vor die lichtempfindliche Platte im photographischen Apparat eine Glasplatte mit eingeritztem feinem Liniennetz. Da die Netzlinien undurchsichtig sind, halten sie das Licht zurück; das Negativ ist also nach dem Entwickeln von feinen Linien durchzogen, ebenso auch das Asphaltbild auf der Zinkplatte. An den gedruckten Bildern kann man schon mit bloßem Auge, besser mit der Lupe diese Strichelung erkennen. Fig. 304 dieses Buches kann als Beispiel dienen.

Die Bilder vieler Ansichtspostkarten werden auf diese Weise hergestellt.

f) Der Erfinder der Photographie ist der Franzose **Daguerre**, 1826. Er setzte in der photographischen Kammer eine durch Joddämpfe lichtempfindlich gemachte Silberplatte (auf der Platte entstand Jodsilber, das ebenso wie Chlorsilber und Bromsilber lichtempfindlich ist) den Lichtstrahlen aus. Es dauerte lange, bis das Jodsilber zersetzt war, und da in dieser Zeit die Beleuchtungsverhältnisse wechselten, wurde das Bild undeutlich. Der Engländer **Talbot** erfand 1839 das **Negativverfahren**, welches zur Grundlage der heutigen Photographie wurde. — Die in unserer Zeit gebrauchten empfindlichen Glasplatten, **Trockenplatten** genannt, werden fabrikmäßig hergestellt. — Um dem positiven Bild einen schönen Farbenton zu geben, kommt es nach dem Fixieren in ein **Goldbad**. Die Silberschicht auf dem Bilde wird also leicht vergoldet, daher rührt der angenehme braunviolette Ton; das Bild ist auch dadurch haltbarer geworden. Anstatt des Goldsalzes kann auch ein Platinsalz zum Tonen der Bilder gebraucht werden. Man erhält dann die grauen **Platinotypien**.

§ 103. Kieselsäure und kieselsaure Salze.

a) Die weißen Kieselsteine, die man oft in großen Mengen im Bett von Flüssen und Bächen findet, bestehen aus einem Mineral, **Quarz** genannt. Dieses Mineral ist meistens von weißer Farbe und so hart, daß es am Stahle funkt; es ist unlöslich im Wasser.

Chemisch betrachtet, ist dieser Quarz eine Säure, nämlich **Kieselsäure**, weil er sich mit gewissen Metalloxyden, z. B. mit Kali oder Natron, zu einem Salze verbindet. — Unter dem Namen **Wasserglas** kommt ein solches Salz, kieselsaures Natrium oder kieselsaures Kalium, in gelöstem Zustande im Handel vor. Gießt man in dieses Wasserglas etwas Schwefelsäure, so verbindet sie sich mit dem Natrium, und die Kieselsäure scheidet sich als weiße Gallerte aus. Trocknet man diese und kocht man sie nachher längere Zeit mit Natronlauge, so erhält man wieder Wasserglas oder kieselsaures Natrium.

Das Wasserglas findet oft Verwendung. Eier, die man den Winter über aufbewahren und vor Fäulnis schützen will, werden durch Eintauchen in Wasserglas mit einer luftdichten Glasur überzogen. Wandgemälde schützt man durch einen Überzug von Wasserglas vor dem Einfluß der Witterung. — Bestreiche ein Blatt Papier mit Wasserglas und halte es, nachdem es trocken geworden ist, in eine Flamme. Das Papierblatt brennt sehr schwer an, und schließlich hört die Verbrennung auf. Leicht brennbare Gegenstände (Theaterdekorationen) können folglich durch Wasserglas vor dem raschen Verbrennen geschützt werden.

b) Die Kieselsäure kommt in kristallisiertem Zustande in der Natur vor; sie bildet dann sechsseitige Säulen mit sechsseitiger Endpyramide.

1. Ist die kristallisierte Kieselsäure farblos und durchsichtig, so heißt sie **Bergkristall.** (Fig. 307.) Schmuckstein. Alpen.

Fig. 307.

2. Der **Rauchtopas** ist ein schwarzer oder dunkelbrauner Bergkristall. Schmuckstein. Alpen.

3. Der prächtige violette **Amethyst,** der gelbe **Zitrin** sind ebenfalls beliebte Schmucksteine.

4. Der gewöhnliche **Quarz** ist milchweiß, undurchsichtig.

c) Die Kieselsäure kommt auch in formlosen Stücken, also nicht kristallisiert vor. Zu diesen Mineralien gehören:

1. Der **Feuerstein,** der früher, als es noch keine Streichhölzer gab, von großer Bedeutung war;

2. der edle **Opal**, oft als Ringstein benutzt, von milchiger Farbe mit prächtigem Regenbogenschiller;

3. der **Achat** (Fig. 308), der auf der geschliffenen Seite farbige Bänder zeigt. Im Fürstentum Birkenfeld befinden sich große Achatschleifereien. Aus Achat werden Mörser, Reibschalen, Dosen, Messer- und Gabelhefte, Schirm- und Stockgriffe und billigere Schmucksachen hergestellt.

Fig. 308. Achat.

Der **Sand** besteht aus mehr oder minder feinen Quarzkörnern. Kocht man roten oder gelben Sand mit Salzsäure und gießt man gelbes Blutlaugensalz in die Lösung, so zeigt die blaue Färbung, welche entsteht, die Gegenwart von Eisen an. Die Sandkörner verdanken also ihre Farbe dem Eisenoxyd.

Erkläre die Entstehung von Kies und Sand durch die Verwitterung der Sandsteinfelsen.

d) Die wichtigsten kieselsauren Salze, welche Bestandteile der verbreitetsten Gesteine sind, tragen folgende Namen:

1. **Feldspat**, ein weißes oder braunes Mineral, welches oft kristallisiert vorkommt. Er besteht meistens aus kieselsaurem Kalium und kieselsaurer Tonerde.

Durch die Verwitterung dieses Minerals entsteht der für den Ackerbau wichtige Tonboden. Auch der Töpferton ist ein Verwitterungsprodukt des Feldspats.

2. Die durchsichtigen Scheiben der Füllöfen sind aus **Glimmer**. In Rußland findet man den durchsichtigen, farblosen Glimmer in größeren Stücken, welche sich leicht spalten lassen, so daß Glimmerblätter entstehen. Am häufigsten kommt der schwarze Glimmer, und zwar in kleinen Blättchen vor. Woher kommt der Name Katzensilber, Marienglas? Er verwittert langsam und liefert eine fruchtbare Ackererde.

3. Die dunkelgrüne oder schwarze **Hornblende** bildet stengelförmige, sehr harte Kristalle.

4. Ein weißes kieselsaures Salz ist der **Talk**, der wegen seiner Weichheit in gepulvertem Zustande als Streupulver in neuen Handschuhen und Schuhen gebraucht wird.

5. Aus dem grünen, mit roten Flecken gezierten, weichen **Serpentin** werden Vasen, Uhrgehäuse, Leuchter, Lampenfüße, Sockel usw. geschnitten.

6. Wegen seines sehr geringen Leitungsvermögens für Wärme wird der langfaserige **Asbest** oft verwendet. Mit Baumwolle vermischt, läßt sich dieses Mineral spinnen und weben. Anwendung: Feuersichere Pappe, Kleider, Schläuche; Ausfüllung von Geldschränken; Kochteller, Untersätze für heiße Gegenstände.

7. Zu den kieselsauren Salzen gehören auch die bekannten Edelsteine: der gelbe **Topas**, der dunkelrote **Granat**, der **Lasurstein**, der grüne **Smaragd**, während der prachtvoll blaue **Saphir** und der karminrote **Rubin** aus reiner Tonerde (Aluminiumoxyd) bestehen. Was ist der **Diamant**?

§ 104. Die wichtigsten Gesteine.

a) Mit Ausnahme der Kalkfelsen sind alle Gesteine, welche uns im Gebirge als Felsen, in der Ebene als Sand oder Ackererde entgegentreten, aus den im § 103 beschriebenen Mineralien zusammengesetzt.

Wenn die einzelnen Mineralien, die das Gestein zusammensetzen, unmittelbar miteinander verwachsen sind, also ohne Bindemittel aneinander haften und außerdem mehr oder minder ausgeprägte Kristalle bilden, so nennt man diese Gesteine **kristallinische Felsarten.** Im folgenden sind die wichtigsten angeführt.

b) 1. Der **Granit** besteht aus einem Gemenge von Feldspat, Glimmer und Quarz. Der Feldspat ist das vorherrschende Mineral und gibt dem Granit die Farbe: weiß oder rot. Der Granit ist außerordentlich hart und deshalb schwer zu verarbeiten; er kann auch wie Marmor geschliffen werden.

Wegen seiner Härte dient er als Material zu Fundamentmauern, Brückenpfeilern, zur Einfassung von Bürgersteigen, zu Prellsteinen, Treppenstufen, Säulen. Schön geschliffene Granite finden Anwendung als Grabdenkmäler und als Unterbau für Statuen.

Er ist sehr verbreitet: Alpen, Riesengebirge, südl. Schwarzwald und südl. Vogesen, Fichtelgebirge, Harz. (Fig. 20.)

Bei der Verwitterung entsteht eine fruchtbare Ackererde.

2. Der **Syenit**, ein Gemenge von Feldspat und Hornblende mit sehr wenig Quarz, ist dem Granit ähnlich und findet auch dieselbe Verwendung. Die Granitgebirge enthalten häufig Syenit.

In Ägypten (Syene = eine Stadt in Ägypten) stellte man im Altertum die riesigen Obelisken aus diesem Gesteine her. Der Obelisk von Luxor, jetzt in Paris, ist 53 *m* hoch.

3. Der **Gneis** zeigt dieselben Bestandteile wie der Granit, nur sind Feldspat und Glimmer in Schichten gelagert, so daß das Gestein schieferig aussieht.

4. Der **Porphyr** besteht aus einer höchst feinkörnigen Grundmasse von meist brauner oder roter Farbe. In dieser Grundmasse sind Feldspatkristalle eingebettet. Verwendung und Vorkommen wie beim Granit. (Fig. 136.)

5. Der **Basalt** ist ein schwarzes Gestein, das oft das Aussehen von blasigen Schlacken hat, häufig jedoch in Form von sechsseitigen Säulen vorkommt. Der Säulenbasalt gewährt einen seltsamen Anblick. Eifel, Fingalshöhle auf Staffa. (Fig. 309.)

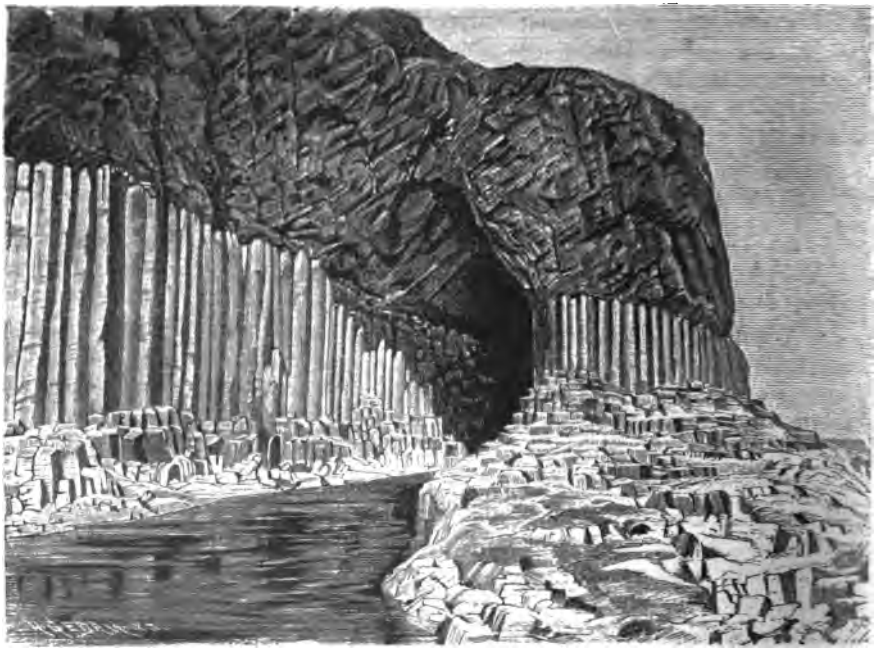


Fig. 309. Die Fingalshöhle auf Staffa (Schottland).
(Nach einer Photographie; aus Neumayrs Erdgeschichte.)

6. Die **Lava** ist das erstarrte Produkt der vulkanischen Ausbrüche.

Diese Gesteine (1—6) waren ursprünglich in feurig-flüssigem Zustande und erstarrten allmählich. Weil sie flüssig waren, konnten beim Erstarren die einzelnen Mineralien Kristalle bilden. Versteinerungen oder Abdrücke von Pflanzen und Tieren enthalten sie niemals.

c) An den ältesten Gesteinen der Erdrinde, den kristallinischen Felsen, sehen wir, wie die Verwitterung tiefgehende Veränderungen fortwährend hervorbringt. Da diese Gesteine hauptsächlich aus Quarz und Feldspat bestehen, so bilden die feinsten Trümmer **Sand** und **Ton.**

Diese Veränderungen haben in der unendlich langen Zeit, seit welcher die Erde besteht, auch stattgefunden, und nach und nach sind aus den lockeren Überresten, die das Wasser zusammengeschwemmt hat, harte Gesteine geworden, welche man **Trümmergesteine** nennt. Diese Gesteine zeigen infolge ihrer Entstehung und ihres Niederschlages im Wasser eine deutliche Schichtung.

1. Der Sandstein besteht aus mehr oder minder großen Quarzkörnern, die durch ein Bindemittel (Eisenoxyd, Ton, Kalk) zusammengehalten werden.

Fig. 310. Konglomerat.

Die Art des Bindemittels bedingt die Farbe des Steines, und so gibt es rote, gelbe, graue, weiße Sandsteine. Manchmal enthalten dieselben größere Knollen aus Quarz (Fig. 310) und heißen dann **Konglomerate.**

Durch Verwitterung dieser Felsen entsteht der Sand, der eine mannigfaltige Verwendung gefunden hat

Fig. 311. Prebischtor in der Böhmischen Schweiz.

Die **Sandsteine** bilden bedeutende Gebirge. In Deutschland sind es ganz besonders die nördlichen Vogesen, der nördliche Schwarzwald, das **Elbsandsteingebirge** (Fig. 311), die thüringischen Gebirge, welche aus Sandstein aufgebaut sind.

Die harten Sandsteine sind sehr haltbare Mauer- und Hausteine. Die grob-

körnigen Arten liefern dauerhaftes Straßenpflaster; die feinkörnigen werden vom Bildhauer verarbeitet. Die besonders harten Arten dienen als Schleif- und Mühlsteine.

Die meisten Sandsteine entstanden später als die Steinkohle während der **Triasperiode.** Farne, Schachtelhalme, Nadelhölzer und Palmen bildeten die Flora jener Zeit. Die Sandsteine, die älteren Ursprungs als die Kohle sind, haben eine graue Farbe und eine große Härte; man nennt sie **Grauwacke.** Sie liefern das beste Material zur Beschotterung der Straßen.

2. Aus feinem Ton, der sich in dünnen Schichten ablagerte, setzt sich der durch seine leichte Spaltbarkeit ausgezeichnete **Schiefer** zusammen.

Man verfertigt aus ihm Schreibtafeln und Griffel, Platten zu Öfen und endlich das bekannte Material zum Decken der Dächer.

Bekannt ist das riesige Vorkommen dieses Gesteines auf beiden Seiten des Rheins (Rheinisches Schiefergebirge).

§ 105. Glas- und Tonwaren.

a) Die wichtigsten Eigenschaften des **Glases** sind: Durchsichtigkeit, Schmelzbarkeit, Schweißbarkeit, Härte, Widerstandsfähigkeit, Unlöslichkeit.

Bei keinem andern Stoffe finden sich diese Eigenschaften in solchem Maße vereinigt, und ihnen verdankt das Glas seine hohe Bedeutung für die verschiedenartigsten Zwecke des praktischen Lebens, für Kunst und Wissenschaft. Ohne Glas hätten Chemie, Physik, Astronomie nicht zu dem heutigen Stande der Entwickelung erblühen können.

Fig. 312.

Chemisch betrachtet, ist das Glas ein Doppelsalz: es besteht nämlich aus **kieselsaurem Natrium** (Kalium) und **kieselsaurem Kalk**; manchmal kommt auch noch **kieselsaures Blei** hinzu.

b) **Glasfabrikation.** Die Rohprodukte sind: weißer Sand, Soda und Kreide. Soll das Glas bleihaltig sein, so nimmt man noch Bleioxyd hinzu. Dieser Glassatz wird in feuerfesten tönernen Tiegeln in einem besonderen Ofen geschmolzen. Hinter jedem Glashafen ist in der Wand des Ofens ein Loch, durch welches der Glasbläser das Schmelzen überwachen kann. Die meisten Glassachen werden vermittelst der Pfeife, eines eisernen Rohres, geblasen. (Fig. 312.) Die Fig. 313 zeigt, wie eine Flasche entsteht.

Die großen Glasscheiben und Spiegel, sowie alle verzierten Gegenstände werden gegossen.

Soll das Glas farblos sein, so muß weißer Sand zum Glassatze genommen werden. Eine geringe Beimischung von Eisen färbt das Glas grün (Weinflaschen). Farbige Gläser werden gewonnen, indem man der Glasmasse Metalloxyde zusetzt. Kobalt färbt das Glas blau, Braunstein violett, Knochenasche weiß (Milchglas).

Das Schleifen des Glases geschieht mittelst Schmirgelscheiben; zum Polieren nimmt man Schmirgel und Zinnasche.

Die matten Zeichnungen auf Glasscheiben werden durch Aufblasen von Sand mittelst Gebläsemaschinen erzeugt. Diejenigen Stellen, welche durchsichtig bleiben sollen, werden mit einer Schablone verdeckt.

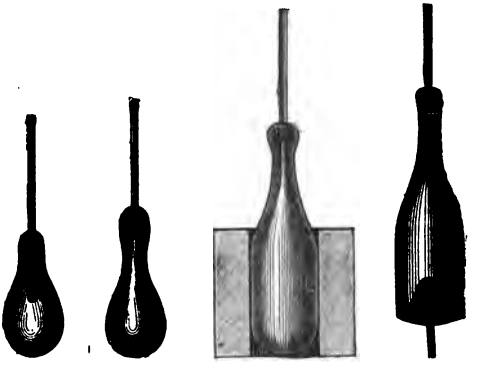


Fig. 313.

c) Plinius erzählt, daß das Glas von phönizischen Kaufleuten zufällig erfunden wurde. Zum Kochen ihrer Nahrung stellten sie einige Sodastücke, ihre Handelsware, auf den Sand, und darauf befestigten sie ihr Kochgefäß. Durch die Hitze des Feuers fingen die Mineralien an zu schmelzen, und nach dem Erkalten sahen sie zu ihrem großen Erstaunen eine durchsichtige Masse die Erde bedecken, das erste Glas. — Da zur Herstellung von Glas sehr hohe Temperaturen nötig sind, so ergibt sich, daß diese Erzählung in das Reich der Fabel zu verweisen ist. — Das Glas ist seit uralten Zeiten bekannt. — Die berühmtesten Fabriken des Mittelalters befanden sich bei Venedig. — Wegen seines hohen Preises kam es als Fensterglas erst im 14. Jahrhundert zur allgemeinen Anwendung. Die Griechen und die Römer kannten die Glasscheiben nicht; ebensowenig kannte man sie am Hofe der Karolinger und der späteren Kaiser. Die adeligen Frauen jener Zeit hatten nur Teppiche, Pelze und hölzerne Läden als Fensterverschluß. Wie muß man sich damals nach dem Frühling, als einem Erlöser von des Winters Kälte und Stürmen, gesehnt haben!

d) Ebenso wichtig wie das Glas sind die **Tonwaren.** Der Ton bildet, mit Wasser angerührt, einen bildsamen (plastischen) Teig. Beim Trocknen zieht er sich zusammen, und beim Brennen wird er sehr hart. Zum Formen der Tonwaren benutzt

Fig. 314.

der Töpfer meistens noch die seit uralter Zeit bekannte **Drehscheibe** (Fig. 314); Erkläre mit Hilfe der Figur Einrichtung und Verwendung derselben.

Da der gebrannte Ton porös ist, so wird die lufttrockene **Töpferware** mit einem besonderen Glase, Glasur genannt, welches in fein gemahlenem Zustande mit Wasser angerührt wird, überzogen.

Nimmt man zur Herstellung der Ware den reinsten, weißen Ton, so erhält man das kostbare, durchscheinende **Porzellan**. Es war im grauen Altertum schon den Chinesen bekannt. In Europa erfand es Böttcher, ein Alchimist, 1703 in Meißen. — Die wichtigsten Porzellanfabriken sind in Meißen, Berlin und Sèvres bei Paris.

Fayence und **Majolika** sind weniger feine Tonwaren, die meistens mit einer weißen Glasur überzogen werden. Billiges Tafelgerät, Öfen und Dekorationsgegenstände werden daraus hergestellt.

Der mit Eisenoxyd verunreinigte Ton liefert die gewöhnliche **Töpferware mit farbiger Glasur**.

Das **Steinzeug** wird aus einer Tonart hergestellt, die beim Brennen sich so stark zusammenzieht, daß sie nicht mehr porös ist. Eine **Glasur** ist nicht nötig.

Aus dem gelben Lehm, einer Mischung von Ton und Sand, werden **Ziegel** und **Backsteine** hergestellt. Die gelbe Farbe des Lehms rührt von dem beigemischten wasserhaltigen Eisenoxyd her. Beim Brennen verliert das gelbe wasserhaltige Eisenoxyd seinen Wassergehalt und verwandelt sich in rotes Eisenoxyd. Ist neben dem Eisenoxyd viel **Kalk** in dem Lehm enthalten, so werden die Ziegel beim Brennen gelb.

IX. Die Reduktion (Zerlegung) der chemischen Verbindungen.

§ 106. Reduktion der Oxyde.

a) Die Oxyde (Eisenoxyd), Sulfide (Zinnober-Quecksilbersulfid), die Chloride (Kochsalz-Natriumchlorid) sind dadurch entstanden, daß ein Element (Sauerstoff oder Schwefel oder Chlor) sich mit einem andern Element, nämlich einem Metall verband. Bei vielen Metallsalzen (Kupfersulfat, kohlensaurer Kalk) vereinigen sich sogar drei Elemente zur Bildung der chemischen Verbindung. Ist es nun möglich, diese Elemente wieder voneinander zu trennen?

Das ziegelrote Quecksilberoxyd läßt sich bekanntlich schon durch bloßes Erhitzen (§ 83*b*) in seine beiden Elemente, Quecksilber und Sauerstoff, zerlegen. Bei anderen Verbindungen versagt aber dieses Verfahren. Folgende Überlegung kann uns auf einen zum Ziele führenden Weg bringen:

In den chemischen Verbindungen werden die einzelnen Elemente fest zusammengehalten und die Ursache dieses festen Zusammenhaltens muß eine anziehende Kraft sein, gerade wie die Schwerkraft, die alle Körper nach dem Mittelpunkte der Erde zu ziehen strebt, wie die Kohäsion, die den Zusammenhang der Moleküle eines und desselben Körpers bewirkt. Diese Kraft nennen wir **Affinität** oder **chemische Verwandtschaft**.

Denken wir uns nun zwei Personen *A* und *B*, die in einem Freundschaftsverhältnis zueinander stehen. Sie gehen, arbeiten miteinander und teilen auch miteinander Freude und Leid. Eines Tages macht nun *A* die Bekanntschaft einer dritten Person *C*, zu der er sich mehr hingezogen fühlt als zu *B*. Die Folge wird die sein, daß das Freundschaftsverhältnis zwischen *A* und *B* gelöst wird. *A* und *C* werden sich verbinden und *B* muß ausscheiden, er wird frei. — Übertragen wir nun dieses Beispiel in die Welt der chemischen Verbindungen. Bilden die Elemente *A* und *B* eine chemische Verbindung, so genügt es, um sie zu trennen, entweder zu *A* oder zu *B* ein drittes Element *C* zu bringen, zu dem z. B. *A* eine größere Verwandtschaft (Affinität) hat als zu *B*. Es muß dann die chemische Verbindung $A + C$ entstehen und *B* muß ausscheiden, muß frei werden. Eine solche Zerlegung einer chemischen Verbindung nennt man **Reduktion.**

Bei der Reduktion der Metalloxyde handelt es sich hauptsächlich um die Ausscheidung des Metalles, da dieses einen hohen technischen Wert hat. Wir müssen also dem Sauerstoff des Oxydes ein Element bieten, zu dem er größere Verwandtschaft hat als zum Metalle. Solche Elemente sind bekanntlich der Wasserstoff und der Kohlenstoff bei höherer Temperatur.

Die folgenden Versuche beweisen die Richtigkeit unserer Annahme.

b) In eine schwer schmelzbare Glasröhre bringen wir etwas schwarzes Kupferoxyd und leiten durch die Röhre einen Strom von getrocknetem Wasserstoff. Dieser läßt sich am Ende der Röhre entzünden. Es zeigt sich keine Veränderung des Oxydes. Erhitzt man nun das Oxyd stark, so erlischt bald die Flamme des Wasserstoffes, aus der Röhre treten Wasserdämpfe aus, im kälteren Teile der Röhre sammelt sich Wasser, und das schwarze Pulver nimmt nach und nach eine braunrote Farbe an. Reibt man dieses Pulver kräftig in einer Reibschale, so sieht man auch bald den charakteristischen Metallglanz. Es ist Kupfer entstanden, denn der Wasserstoff hat sich mit dem Sauerstoff des Oxydes zu Wasser verbunden. — Wird braunes Eisenoxyd auf dieselbe Weise behandelt, so erhält man reines Eisen.

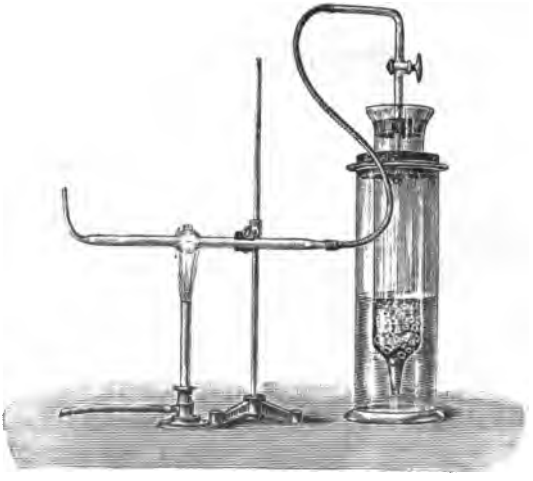


Fig. 315.

Dieses reine Eisen muß im Wasserstoffstrom erkalten. Wird es im heißen Zustande auf einen Teller geschüttet, so verwandelt es sich augenblicklich, oft unter Lichterscheinung wieder in Eisenoxyd. Warum? — Es geht daraus hervor, daß das in der Industrie gewonnene und verarbeitete Eisen nicht das reine Metall sein kann.

c) Aus Bleioxyd (Glätte oder Mennige) und Wasser bereitet man einen dicken Teig und legt davon ein erbsengroßes Stückchen in eine kleine Vertiefung, die man mit dem Messer in einem größeren Stück Holzkohle hergestellt hat. Erhitzt man das Bleioxyd und den Rand des Grübchens stark mit dem Lötrohr, so zeigen sich bald kleine Metallkörnchen, die nach und nach zusammenschmelzen. Aus der Kohle und dem Sauerstoff des Bleioxydes ist Kohlensäure entstanden, die sich leicht nachweisen läßt, wenn man einen mit Kalkwasser benetzten Glasstab über die erhitzte Stelle hält. Welche Veränderung am Glasstab nimmt man wahr? — Aus dem Bleioxyd ist metallisches Blei geworden.

d) Die meisten Erze, aus denen die technisch wichtigsten Metalle gewonnen werden, sind oxydische Erze. Zu der Reduktion dieser Erze im großen (Hüttenbetrieb) wendet man meistens Kohle an.

e) Aus dem Wasser, das bekanntlich eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff ist, läßt sich leicht das erste Gas abscheiden, wenn man das Metall Natrium, das zum Sauerstoff große Verwandtschaft hat, auf das Wasser einwirken läßt. Mit einem Drahtnetzlöffel bringt man ein höchstens erbsengroßes, von der Rinde befreites Natriumstückchen unter die Mündung eines mit Wasser gefüllten, umgekehrt im Wasser stehenden Zylinders. Ein farbloses Gas steigt auf und sammelt sich im oberen Teile des Zylinders. Ist das Natriumstückchen verbraucht, so verwendet man nach und nach noch andere, bis der Zylinder gefüllt ist. Das Gas brennt mit blauer Flamme und gibt sich dadurch als Wasserstoff zu erkennen. Der Sauerstoff hat sich mit dem Natrium zu wasserhaltigem Natriumoxyd (Natriumhydroxyd) verbunden. Da dieses eine starke Base ist, so läßt es sich leicht durch das Blauwerden von rotem Lackmus, durch den laugenhaften Geschmack und seine Wirkung auf die Haut nachweisen.

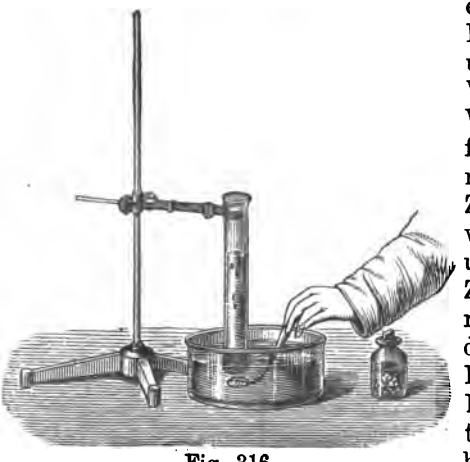


Fig. 316.

Man kann auch ohne Drahtnetzlöffel den Versuch ausführen, wenn man mit einer kleinen Zange oder einer spitzen Messerklinge das Natriumstückchen schnell unter den Zylinder bringt.

f) Die Zerlegung einer chemischen Verbindung gibt uns auch volle Gewißheit über das tatsächliche Vorhandensein der Elemente in einer chemischen Verbindung. Aus der festen, schwarzen Kohle entsteht durch Verbinden mit dem Sauerstoff die farblose, die Flamme erstickende Kohlensäure. Ist in diesem Gase auch wirklich Kohlenstoff enthalten? Um jeden Zweifel zu beseitigen, führen wir folgenden Versuch aus: Ein senkrecht befestigter Lampenzylinder wird unten mit einem einfach

durchbohrten Pfropfen verschlossen und durch eine Glasröhre und einen Schlauch mit einer Kohlensäure-Entwicklungsflasche verbunden. Sobald der Zylinder ganz mit Kohlensäure gefüllt ist — wie stellt man das fest? —, führt man von oben ein brennendes Magnesiumband von 20 bis 30 *cm* Länge mit einer Zange ein. Unter starkem Prasseln setzt sich die Verbrennung des Magnesiums im Rohre fort und sowohl an den Wänden als auch auf dem Pfropfen findet man schwarze und weiße Flecken. Mit Wasser spült man den Inhalt in eine weiße Schale. Man kann nun deutlich die schwarzen Kohlenstäubchen erkennen, besser noch, wenn man zu der Mischung verdünnte Salzsäure gießt, wodurch der weiße Stoff aufgelöst wird. — Wie ist der Vorgang zu erklären? Denke daran, daß wenn ein Körper verbrennt, er sich mit Sauerstoff verbindet.

Was versteht man unter Reduktion? — Welche Verbindungen sind reduziert worden? — Gib die technische Bedeutung der Reduktion an!

§ 107. Reduktion der Sulfide.

a) Kupfer, Blei, Quecksilber, diese drei wichtigen Metalle, kommen in der Natur hauptsächlich mit Schwefel verbunden vor. Ihre Erze sind somit Sulfide. Um die Metalle rein zu erhalten, muß der Schwefel beseitigt werden. Am leichtesten geschieht das durch starkes Erhitzen an der Luft, wobei der Schwefel zu schwefeliger Säure verbrennt und oxydische Erze entstehen, die dann durch Kohle reduziert werden können.

b) Da Quecksilber sich nur schwer mit Sauerstoff verbindet, erhält man bei der Reduktion unmittelbar das reine Metall. — In eine kleine tubulierte Retorte, die mit einer Vorlage verbunden ist, bringt man gepulverten Zinnober (Quecksilbersulfid), erhitzt und leitet Sauerstoff ein. In der Retorte sieht man eine blaue Flamme, die Lichterscheinung, die die Verbrennung des Schwefels begleitet, und schwefelige Säure entweicht, die durch den Geruch wahrgenommen wird. Unterdessen setzt sich an den Wänden der Retorte ein grauer glänzender Stoff ab, so daß sie undurchsichtig wird und spiegelt. Bei längerem Erhitzen verschwindet der Beschlag, die metallischen Dämpfe werden in der kalten Vorlage zu flüssigem Quecksilber verdichtet. — Erkläre den Vorgang! —

c) Gepulverten Bleiglanz (Bleisulfid) bringt man in eine schwer schmelzbare Glasröhre, durch die man Sauerstoff leitet, und erhitzt das Erz. Bald erkennt man die Umwandlung des Sulfides in das Oxyd an der gelben Farbe, während schwefelige Säure ausströmt. — Erkläre den Vorgang! — Behandle ebenso Kupferkies oder Eisenkies! — Die Gewinnung der Metalle im großen wird in den späteren Paragraphen besprochen.

§ 108. Die Reduktion durch den elektrischen Strom.

a) Außer der in den vorigen Paragraphen besprochenen rein chemischen Reduktion haben wir im § 85 noch ein anderes Verfahren kennen gelernt, durch welches das Wasser in seine beiden Bestandteile zerlegt wird. Die reduzierende Wirkung des elektrischen Stromes erstreckt sich auch auf die Metallsalze.

In eine Lösung von Kupfervitriol (schwefelsaures Kupfer) werden zwei Platinbleche parallel zueinander gehängt und mit den Polen einer Batterie verbunden. Nach kurzer Zeit ist dasjenige Blech, welches mit dem negativen Pol in Verbindung steht, mit einer roten Kupferhaut überzogen. — Wechselt man die Bleche, so sieht man denselben Vorgang; aber am positiven Platinblech verschwindet der vorher entstandene Kupferüberzug, er muß also aufgelöst worden sein. Daraus folgt:

I. Ein Metallsalz wird durch den Strom in seine beiden Bestandteile, Metall und Säure, zerlegt.

II. Das Metall wird am negativen, die Säure am positiven Pol ausgeschieden.

Auf dieser Eigenschaft des Stromes beruht die **Galvanotechnik**, welche 3 Hauptaufgaben löst:

1. Sie überzieht unedle Metalle mit edleren: Verkupfern, Vernickeln, Versilbern, Vergolden.
2. Sie gewinnt aus den Erzen die Metalle auf elektrischem Wege.
3. Sie stellt allerhand Gegenstände her (Galvanoplastik).

b) Zur Lösung der 1. Aufgabe verwendet man viereckige Wannen, die das Metallbad (Auflösung eines Metallsalzes: Kupfervitriol, Nickelsalz, Höllenstein, Goldchlorid) enthalten. Zwei Kupferstangen *a*, *b* sind mit den Polen einer Batterie verbunden. An die negative Stange hängt man die zu überziehenden Gegenstände. Um den Strom zu schließen, könnte man an die andere Stange ein Platinblech hängen.

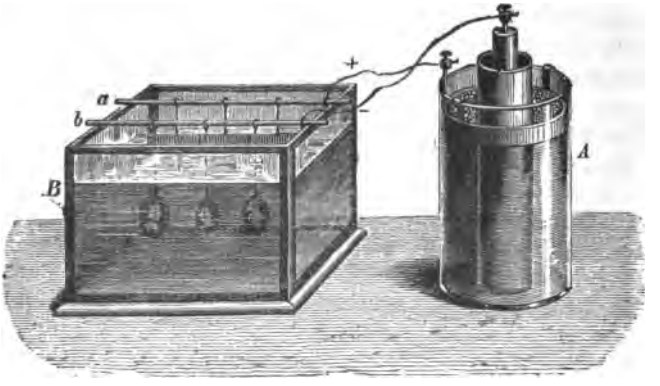


Fig. 317.

Warum würde dann die Lösung immer ärmer an Metall werden? Warum hängt man an die positive Stange ein Blech aus dem Metall, das in der Lösung enthalten ist?

Gib Gegenstände an, die durch dieses Verfahren ein schöneres Aussehen erhalten! — Gib den Unterschied an zwischen einem vergoldeten Schmuck und einem solchen aus 14karätigem Gold! — **Neusilber** ist eine Legierung von Kupfer, Zink und Nickel. Es läßt sich leicht gießen, in Blech auswalzen und besitzt eine weiße Farbe. Versilbertes Neusilber heißt Alfenide, métal blanc. Nach seinem Erfinder Christofle wird es auch oft Christoflemetall genannt. — Pforzheim, Geißlingen, Gmünd, München besitzen berühmte galvanotechnische Anstalten.

c) Mit Hilfe starker elektrischer Ströme wird aus der Pottasche das Kalium, aus der Soda das Natrium, aus der Bittererde das Magnesium, aus der Tonerde das Aluminium gewonnen. Da man zu elektrischen

Leitungen und Kabeln reines Kupfer braucht, so wird heutzutage eine große Menge dieses Metalles ebenfalls auf elektrischem Wege gewonnen. Der Kupferkies wird durch Auflösen in Schwefelsäure in Kupfervitriol übergeführt, aus welchem man dann das reine Kupfer elektrisch abscheidet.

d) Früher wurden Kunstgegenstände aus Metall nur durch Gießen erhalten, jetzt stellt man sie auch auf elektrischem Wege her. In einer galvanoplastischen Anstalt werden Hohlformen von Büsten, Vasen, Statuen usw. hergestellt, indem man das ursprüngliche Modell in Wachs, Gips oder einer andern plastischen Masse abdrückt. Diese Hohlform wird mit Graphit bepinselt, um die innere Fläche leitend zu machen. Verbindet man sie nun im Metallbade mit dem negativen Pole, so setzt sich gleichmäßig das Metall auf der leitenden Fläche ab. Ist der Metallansatz stark genug, so nimmt man das Objekt aus der Form, und diese kann aufs neue verwendet werden.

Vorteile der Galvanoplastik dem Gußverfahren gegenüber. — Gib Dinge an, die galvanoplastisch hergestellt werden! — Stereotypauflagen von Büchern: von dem Letternsatze wird ein galvanoplastischer Abdruck hergestellt. Eine weiche Guttaperchaplatte wird auf den Satz gepreßt, dann mit Graphit leitend gemacht. Wie entsteht nun die Druckplatte? — Kupferstiche werden nicht mehr zum direkten Drucken verwendet. Auch hier zunächst Abdruck auf eine Guttaperchaplatte, dann galvanoplastische Druckplatte.

X. Die wichtigsten Metalle. Übersicht und Ergänzung.

§ 109, Kalium und Natrium.

a) Wiederhole § 80*e*!

b) Beide Metalle sind zum Verwechseln ähnlich; denn sie sind beide wachsweich und silberfarbig. Sie oxydieren sehr rasch an der Luft und müssen deshalb unter Petroleum, einem Kohlenwasserstoff, aufbewahrt werden. Beide schwimmen auf dem Wasser; dabei verbinden sie sich mit dem Sauerstoff der Flüssigkeit, während Wasserstoff frei wird. (§ 106*e*.) Bei dieser Verbindung wird so viel Wärme frei, daß die Metalle schmelzen und als geschmolzene Kugel auf dem Wasser hin und her rollen. **Kalium** verbrennt bei diesem Vorgang mit **violetter** Flamme, während das Natrium in seiner Bewegung erst gehemmt werden muß (Natrium auf einem schwimmenden Löschblatt), um die Verbrennungstemperatur zu erreichen. **Natrium** verbrennt mit **gelber** Flamme. — In Wirklichkeit ist es der frei werdende Wasserstoff, der verbrennt, und dessen nichtleuchtende Flamme durch die glühenden Metalldämpfe charakteristisch gefärbt wird.

Diese beiden Metalle haben keine Anwendung gefunden; dafür sind aber ihre Salze um so wichtiger.

c) **Kaliumkarbonat** (Pottasche), kohlensaures Kalium. Wiederhole § 97*a* und *b*!

Natriumkarbonat (Soda), kohlensaures Natrium. Wiederhole § 98. Es ist schon erwähnt worden, daß man, um Soda zu gewinnen,

das Kochsalz (Chlornatrium) als Rohmaterial benutzt. Welche Wege kann man nun einschlagen, um das Chlornatrium in kohlensaures Natrium umzuwandeln? Die direkte Einwirkung von Kohlensäure auf festes oder gelöstes Kochsalz führt nicht zum Ziel; auf einem Umwege aber gelangt man dazu. Es gibt nämlich ein kohlensaures Salz (Ammoniumkarbonat), das unter Umständen seine Kohlensäure leicht abgibt. Es ist für billiges Geld zu kaufen, weil es hie und da als Backpulver zum Auftreiben und Lockern des Teiges verwendet wird. (Hirschhornsalz.) In eine kalte, konzentrierte Lösung dieses Salzes leitet man Kohlensäure ein, bis sich kleine Kristalle bilden. Ein Zusatz von Wasser löst diese Kristalle sofort auf. Vermischt man nun einen Teil dieser Lösung mit einem gleichen Teil einer kaltgesättigten Kochsalzlösung, so entsteht bei kräftigem Schütteln bald ein starker Niederschlag von weißen Kristallen. Sollte dieser ausbleiben, so muß noch Kohlensäure eingeleitet werden. Der Niederschlag wird durch Filtrieren von der Flüssigkeit getrennt, in einem eisernen Löffel erhitzt und nach dem Erkalten kann man auf bekannte Weise zeigen, daß Soda entstanden ist; denn zwischen dem Chlornatrium und dem Ammoniumkarbonat hat eine Wechselzersetzung stattgefunden derart, daß die Kohlensäure sich mit dem Natrium und das Chlor mit dem Ammoniak zu Salmiak verbunden hat. — Dieses Verfahren ist von dem Chemiker Solvay erfunden worden und heutzutage wird in Deutschland die Soda auf diesem Wege gewonnen. In gesättigte Salzsole wird Ammoniak eingeleitet. Die so vorbereitete Sole rieselt dann in 20 *m* hohen eisernen Türmen über Siebe herab, während von unten ein starker Strom von Kohlensäure eintritt. Auf den Sieben scheidet sich dann das Salz ab, welches alsdann gesammelt und ausgeglüht wird. — Da aus dem Salmiak das Ammoniak immer wieder gewonnen werden kann (§ 95*c*), in gut eingerichteten Fabriken kaum ein Verlust an dem zur Verwendung kommenden Ammoniak vorkommt und das Steinsalz in ungeheueren Massen in Deutschland gefunden wird, so ist leicht einzusehen, warum die Soda zu so billigen Preisen geliefert werden kann.

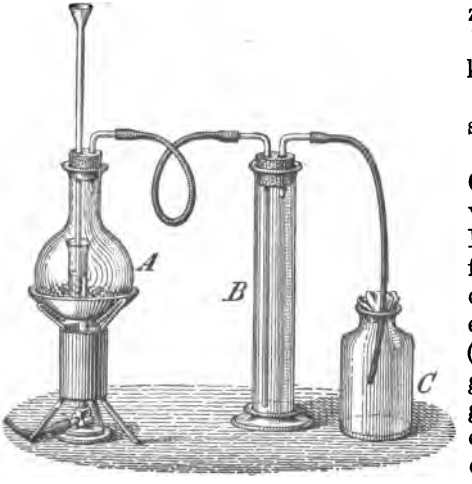


Fig. 318.

d) **Natriumchlorid** (Kochsalz). Wiederhole § 96!

Um größere Mengen von Chlorwasserstoff (Salzsäure) zu gewinnen, stellt man den Apparat Fig. 318 zusammen. In der Kochflasche *A* ist Kochsalz, das durch die Trichterröhre, die unten in einem Probierröhrchen endigt (warum?), mit Schwefelsäure übergossen wird. Das Gefäß *B* muß ganz trocken sein; die das Gas einleitende Röhre führt bis auf den Boden des Gefäßes, während die ableitende Röhre unter dem

Stopfen endigt. Die Wände der Flasche *C* sind mit Ammoniakwasser benetzt, der Hals ist mit zusammengeknülltem Papier lose verstopft. Unter gelindem Erhitzen der Kochflasche entweicht das Gas, füllt das Gefäß *B* bis oben an und tritt dann in die Flasche *C*, wo sich sofort die dicken weißen Nebel des Chlorammoniums (Salmiak) zeigen. Man zieht dann schnell den Pfropfen auf *B* heraus, ersetzt ihn durch einen einfach durchbohrten mit kleinem Spritzrohr und hält den Zylinder umgekehrt in Wasser. Es entsteht bald im Innern des Zylinders ein kleiner Springbrunnen; denn die eindringenden ersten Wassertropfen lösen das Gas ganz auf, und das Innere des Zylinders ist dann luftleer.

Der Chlorwasserstoff ist ein farbloses, stechend riechendes, saures Gas. An der Luft scheint er zu rauchen, weil er mit dem Wasserdampf der Luft Nebel bildet. Seine Lösung in Wasser heißt Salzsäure; warum? Die meisten Metalle werden von dieser Säure unter Bildung von Chloriden aufgelöst, und deshalb hat die Salzsäure eine große technische Anwendung gefunden.

e) **Kaliumchlorid.** Über dem mächtigen Steinsalzlager Staßfurts liegen Schichten von Salzen, die man früher nicht zu verwenden verstand und deshalb von den Steinsalzschichten abräumte und wegwarf; darum heißen diese Salze heutzutage noch Abraumsalze. Diese Schichten enthalten große Mengen von Kaliumchlorid (Karnallit und Sylvinit), aus denen man das metallische Kalium und die anderen Kaliumsalze gewinnt. Da die chemische Industrie bedeutende Mengen von Kaliumsalzen verarbeitet, so haben diese früher verschmähten Abraumsalze jetzt eine große Bedeutung erlangt. Größer noch erscheint uns aber ihr Wert, wenn wir bedenken, daß die Pflanzen ohne Kalium nicht gedeihen können. Diese Abraumsalze sind für den Landwirt unschätzbare Düngmittel, und die Hauptaufgabe der Landwirtschaft, auf kleinem Raume reiche Ernten zu erzielen, kann nur mit Hilfe der mineralischen Dünger gelöst werden. (§ 109*f* und § 110*f*.)

f) **Natriumnitrat** (salpetersaures Natrium, Chilisalpeter). (Siehe § 97*e*.) Im nördlichen Chile, in der Wüste Atacama, liegen dicht unter der Erdoberfläche 2 *m* dicke Schichten von Salpeter, der aber auch die oberste Erdschicht durchsetzt und an der Oberfläche herauswittert, so daß weite Strecken oft mit den schimmernden, weißen Kristallen bedeckt sind. Diese Schichten werden abgebaut, und gewaltige Mengen von Natriumsalpeter kommen nach Europa, wo sie teils in Kaliumsalpeter umgewandelt oder in der Landwirtschaft als Düngmittel verwendet werden. Das Gedeihen der Pflanzen ist, Luft, Wasser, Kohlensäure vorausgesetzt, nur möglich, wenn die Wurzeln dem Pflanzenkörper mit dem aufsteigenden Saftstrom Kalium, Stickstoff und Phosphor zuführen. Woher sie das Kalium beziehen, haben wir soeben erfahren. Den Stickstoff erhalten sie aus dem Salpeter, da er ja ein salpetersaures Salz ist, und die Salpetersäure zum Teile aus Stickstoff besteht. Den Phosphor findet die Pflanze in der Erde, die außer kaliumhaltigen Mineralien (Feldspat, Ton) auch Phosphorverbindungen (Phosphorkalzium-Apatit) enthält. Da jährlich Tausende von Tonnen Salpeter in Chile gegraben werden, so wird das Lager bald erschöpft sein und, da andere Lagerstätten bis jetzt nicht

gefunden worden sind, so wäre zu befürchten, daß alsdann ein empfindlicher Mangel an diesem kostbaren Stoff eintreten könnte. Es ist jedoch in neuester Zeit gelungen, mit Hilfe starker elektrischer Ströme den Sauerstoff und den Stickstoff der Luft zu zwingen, sich zu Salpetersäure zu verbinden, die dann mit Kalk salpetersauren Kalk bildet. Norwegen führt schon jetzt ziemlich große Mengen dieses Salzes aus.

Warum gerade Norwegen? Denke an die vielen Flüsse mit steilem Gefälle. Turbinen. Dynamomaschinen.

g) **Kaliumnitrat** (salpetersaures Kalium, kurzweg Salpeter). Wiederhole § 97*c*—*e*!

Um diesen Salpeter darzustellen, vermischt man eine heiße Lösung von Kaliumchlorid mit salpetersaurem Natrium. Gib die doppelte Umsetzung, die dabei stattfindet, an! Woher bezieht man im großen diese beiden Salze? — Beim Verdampfen scheidet sich das Natriumchlorid aus, in der Kälte erhält man dann den Kaliumsalpeter aus der übrig gebliebenen Mutterlauge in Form von weißen Kristallen.

h) **Das chlorsaure Kalium** ist ein weißes Salz, das, stark erhitzt, leicht Sauerstoff abgibt und deshalb hauptsächlich zu diesem Zwecke gebraucht wird.

§ 110. Kalzium.

a) Wiederhole § 100!

b) Das Kalzium ist ein weißes, glänzendes Metall, ähnlich dem Natrium, das an der Luft nach und nach oxydiert und deshalb auch unter Petroleum aufbewahrt werden muß. Wegen dieser leichten Oxydierbarkeit kommt es in reinem Zustande nicht vor; seine Verbindungen mit Kohlensäure (Kalkstein, Kreide, Marmor) und mit Schwefelsäure (Gips) gehören zu den verbreitetsten Mineralien. Insofern kann man also mit Recht sagen, daß das Kalzium einen hervorragenden Anteil an der Bildung des Erdkörpers genommen hat. Eine technische Verwendung hat das Metall nicht gefunden.

Unter den Elementen, die am häufigsten, wenn auch nicht rein, auf und in der Erde vorkommen, nimmt der Sauerstoff die erste Stelle ein, da er für sich allein ungefähr die Hälfte des Gewichtes unseres Planeten ausmacht. Es folgen dann Silizium in den kieselsauren Mineralien und Gesteinen mit 25%, Aluminium im Schiefer, Ton, Lehm mit 7%, Eisen mit 5%, Kalzium mit fast 4%, Magnesium in kristallinischen Gesteinen, Kalkgesteinen und Abraumsalzen mit 2,5%. Erwähnt sei noch, daß der Wasserstoff nicht ganz 1% und der Kohlenstoff nur etwa 0,2% des Gewichtes der Erde ausmachen.

c) **Kalziumkarbonat** (kohlensaurer Kalk). Wiederhole § 100!

Um aus dem Kalkstein das Kalziumoxyd (Ätzkalk oder kurzweg Kalk) zu gewinnen, wird er in Schachtöfen mit Kohlen vermischt und bis zur Weißglut längere Zeit erhitzt. Die Kohlensäure entweicht; aus der unteren Öffnung des Ofens werden die gar gebrannten Stücke herausgenommen, während durch die obere Öffnung der Ofen mit frischen Steinen und Kohlen beschickt wird. Der Kalk ist eine weiße, bröckelige Masse, die ätzend wirkt und roten Lackmus blau färbt; er ist also eine starke Base. — Was versteht man unter dem Löschen des Kalkes? — Wie erklärt sich das Auftreten von Wasserdampf bei dieser Arbeit? —

An der Luft verwandelt sich der gelöschte Kalk wieder in kohlensauren Kalk. Erkläre diesen Vorgang!

Wie bereitet man **Mörtel**? — Die Benutzung dieses Bindemittels im Baugewerbe ist sehr alt. — Mit der Zeit wird der Mörtel sehr hart und erhält eine so starke Bindekraft, daß beim Niederreißen alter Mauerwerke die einzelnen Steine kaum voneinander zu trennen sind.

Unter dem Einflusse der Kohlensäure der Luft hat sich nämlich der Kalk in kohlensauren Kalk verwandelt, der steinhart ist. Damit nun diese Umwandlung nicht nur an der Oberfläche, sondern auch im Innern vor sich gehen kann, vermischt man bei der Mörtelbereitung den gelöschten Kalk mit Sand, wodurch die Masse porös wird und die Kohlensäure somit eindringen kann. — Zur Bereitung von **Zement** verwendet man ein Kalkgestein, welches reichliche Mengen von Ton enthält. Der Zement wird selbst unter Wasser sehr hart und wird zur Herstellung von wasserdichtem Mauerwerk verwendet.

d) **Kalziumsulfat** (Gips). Wiederhole § 100*f*.

Übergießt man kohlensauren Kalk mit verdünnter Schwefelsäure, so entweicht die Kohlensäure, und man erhält nach und nach (oft umschütteln!) einen dicken, weißen Brei von Kalksulfat oder Gips, der bekanntlich auch in der Natur vorkommt. Er ist in Wasser sehr schwer löslich.

Die Gipssteine werden wie die Kalksteine gebrannt und dann zu feinem Mehl gemahlen. Mit Wasser angerührt, erhält man einen dicken Brei, den man formen kann. (Büsten, Abgüsse, Ornamente.) Vermischt man den Gips mit Leimwasser und Farbstoffen, so bekommt man den marmorähnlichen Stuck, der im Baugewerbe oft als Wand- und Säulenbekleidung verwendet wird.

e) Als wichtiges Desinfektionsmittel ist der **Chlorkalk** weit und breit bekannt. Man erhält ihn, indem man Chlorgas in Kalkmilch leitet. Seine desinfizierende und bleichende Wirkung beruht darauf, daß unter dem Einflusse der Kohlensäure der Luft das Chlor frei wird, ein Vorgang, der durch Aufgießen einer Säure (Essig genügt) beschleunigt werden kann. — Warum muß der Chlorkalk in gut verschlossenen Flaschen aufbewahrt werden? — Wenn der Chlorkalk offen an der Luft liegen bleibt, in welchen Stoff verwandelt er sich nach und nach?

f) In den Knochen der Menschen und Tiere ist hauptsächlich **Kalziumphosphat** (phosphorsaurer Kalk) enthalten. Als Apatit findet man ihn in der Natur. Alle Pflanzen brauchen zur Bildung der Samen Phosphor, und deshalb muß er notwendigerweise in den Düngmitteln, die man dem Ackerboden beimischt, enthalten sein. Um ein phosphorhaltiges Düngmittel herzustellen, werden die Knochen stark erhitzt (gebrannt), um sie von der Leimsubstanz zu befreien, und dann fein gemahlen. Dieses im Wasser unlösliche Mehl wird nun mit konzentrierter Schwefelsäure behandelt; dadurch verwandelt sich das unlösliche Phosphat in das lösliche Superphosphat, das dann unmittelbar zur Düngung verwendet werden kann. Ebenso wird der gemahlene Apatit behandelt.

g) Das **Kalziumkarbid** (§ 100*e*).

§ 111. Magnesium.

a) Wiederhole § 80*e*!

b) Das silberweiße, an der Luft sehr beständige Metall kommt im Handel in Band- und Drahtform und als Pulver vor. Gediegen findet man es nirgends; dennoch ist es ein sehr verbreitetes Metall, da es im Asbest, Talk, Serpentin, Meerschaum und in fast allen kristallinischen Gesteinen, im Dolomit (einem magnesiumhaltigen Kalkgestein, Alpen), in den Abraumsalzen Staßfurts und im Meerwasser in mannigfaltigen Verbindungen vorkommt. Man gewinnt es aus diesen Mineralien, hauptsächlich aus den Abraumsalzen, durch Elektrolyse. Das Pulver wird in der Feuerwerkerei und in der Photographie (Blitzlicht) wegen der sehr grell leuchtenden Flamme des Magnesiums gebraucht.

c) Von den Verbindungen des Magnesiums sind allgemein bekannt das **Bittersalz** (Magnesiumsulfat), das in allen Bitterwässern vorkommt, und die **weiße Magnesia** oder das Magnesiumkarbonat, das wie das vorige Salz medizinisch häufig gebraucht wird.

§ 112. Aluminium.

a) Wiederhole § 77*g* und § 104*a*, *b*!

b) Die in den Gebirgen als gewaltige Felsenmassen vorkommenden kristallinischen Gesteine (Granit, Syenit, Porphyr usw.) unterliegen einer langsamen Zerstörung, sie verwittern. Tagsüber dehnen sich die dunkeln Felsen aus, wenn sie von der Sonne beschienen werden; nachts ziehen sie sich wieder zusammen. Nach und nach muß sich das Gefüge dieser harten Gesteine lockern, feine Risse und Spalten durchziehen die Masse, so daß das Wasser einsickern kann. Gefriert nun dieses Wasser, so dehnt es sich bekanntlich stark aus; das Eis wirkt wie Tausende von eingetriebenen Keilen und sprengt nach und nach kleine Gesteinsteile los. Dieses erste Verwitterungsprodukt besteht aus den Trümmern der Feldspat-, Glimmer-, Hornblende- und Quarzkristalle. Bei fortschreitender Verwitterung werden zunächst die Eisenverbindungen, der farbengebende Stoff in den Mineralien, fortgeführt; daher rühren die rostgelben Streifen, die man oft an feuchten Felswänden beobachten kann. Der übrigbleibende Verwitterungsrest ist heller geworden und verliert nach und nach die löslichen Kalk- und Natriumverbindungen. Was nun noch übrig bleibt ist unlöslicher **Ton**, ein Gemenge von äußerst feinen Feldspat-, Glimmer- und Quarzkörnchen. Chemisch betrachtet, besteht dieser Ton aus kieselsaurem Kalium (Kaliumsilikat) und Tonerdesilikat. Im Jahre 1827 gelang es nun dem berühmten Chemieprofessor Wöhler in Göttingen aus diesem Tonerdesilikat ein eigentümliches Metall, das **Aluminium**, zu gewinnen. Das Tonerdesilikat ist also Aluminiumsilikat oder kieselsaures Aluminium.

c) Das Aluminium, das verbreitetste aller Metalle, wird oft das „Metall der Zukunft“ genannt, weil es wertvolle Eigenschaften besitzt, die eine vielseitige Anwendung dieses schönen Metalles in der Technik ermöglichen. Es ist silberweiß, an der Luft sehr beständig, läßt sich leicht zu den feinsten Drähten ausziehen und zu den dünnsten Blechen

und Blättern auswalzen. Vor allem fällt sein geringes Gewicht auf; es ist ungefähr $2^1/_3$mal so schwer wie ein gleiches Volumen Wasser. Nur in Salzsäure ist es unter Bildung von Aluminiumchlorid und Entwicklung von Wasserstoff löslich. Mit Kupfer vermischt bildet es die schön goldgelbe Aluminiumbronze.

d) Nach Wöhler ist es noch anderen Chemikern gelungen, das metallische Aluminium aus seinen Verbindungen darzustellen; aber die Wege, die sie einschlugen, führten nur zu einer geringen Ausbeute. Erst nach Einführung des elektrolytischen Verfahrens, ermöglicht durch die Benutzung der billigen Wasserkräfte und ihre Umsetzung in Elektrizität mittels Dynamomaschinen, gelang es gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, größere Mengen des Metalles zu gewinnen und es in die Technik einzuführen.

In der Aluminiumfabrik in Neuhausen am Rheinfall werden Öfen zur Gewinnung des Metalles verwendet, deren Einrichtung Fig. 319 zeigt. Der Ofen *A* besteht aus Kohlenplatten, die mit dem eiser-

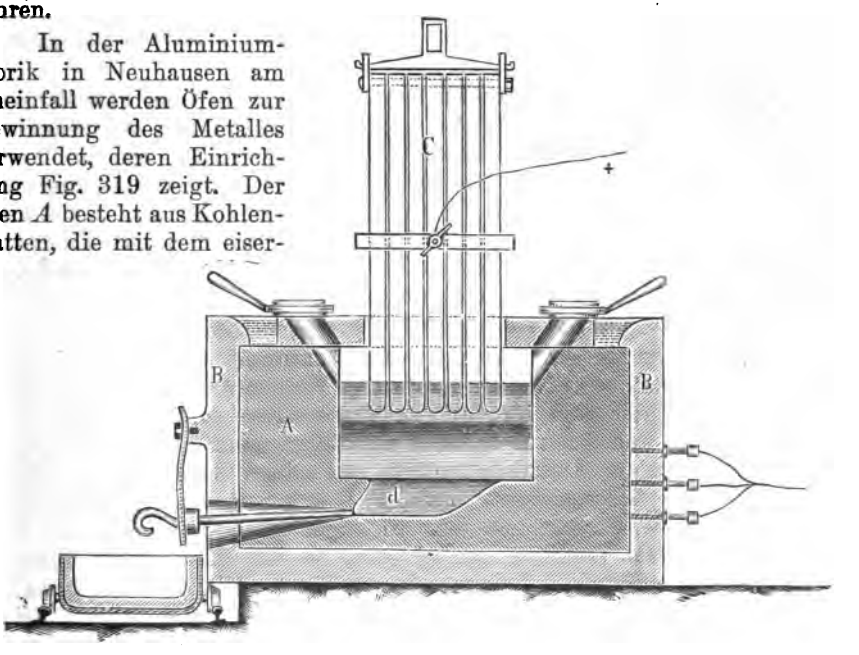


Fig. 319.

nen Mantel *B* umgeben sind; dieser Ofen dient nicht nur zur Aufnahme und zum Schmelzen des Rohmateriales, sondern auch als negative Elektrode. Die + Elektrode *C* ist aus Kohlenstäben zusammengesetzt. Der Ofen wird mit möglichst reiner Tonerde gefüllt. Sobald nun der Strom geschlossen ist, entsteht der sehr heiße Lichtbogen, das Mineral schmilzt und allmählich scheidet sich am Boden des Ofens das Metall aus, welches dann bei *d* abgelassen werden kann. Durch die Öffnungen oben links und rechts kann stets neues Rohmaterial nachgefüllt werden.

e) Aus Aluminium stellt man Kochgeschirre, Feldflaschen, falschen Silberschaum, leichte Boote, Zier- und kleine Gebrauchsgegenstände her.

Das Gerippe des Zeppelinschen Luftschiffes besteht aus Aluminium. Zum Zusammenschweißen zweier Eisenstücke (z. B. Straßenbahnschienen) wird über der Schweißstelle, die mit einer Lehmform umgeben ist, ein mit feuerfesten Steinen ausgefütterter Trichter angebracht, der mit einer Mischung von feinkörnigem Aluminium und Eisenoxyd (**Thermit**) gefüllt ist. Auf die Mischung bringt man ein wenig Zündpulver, das im wesentlichen aus Magnesium besteht und sich leicht entzünden läßt. Das Aluminium reißt nun den Sauerstoff des Eisenoxydes an sich, und bei diesem chemischen Prozesse, der doch nur durch die kleine Magnesiumflamme eingeleitet worden ist, entsteht eine so hohe Temperatur (3000°), daß in einigen Augenblicken das frei gewordene Eisen schmilzt, sich in die Form ergießt und die beiden Schweißstücke innig miteinander verbindet. (Kleine Ursache, große Wirkung.) — Zu Kochgeschirren sollte nur ganz reines Aluminium gebraucht werden, das durch organische Säuren (Essig) nicht angegriffen wird.

f) **Aluminiumsulfat** erhält man, wenn man in einer Porzellanschale gut ausgetrockneten und fein zerriebenen Töpferton mit der zehnfachen Menge konzentrierter Schwefelsäure auf dem Sandbade bis zur Trockne eindampft. Nach dem Erkalten wird die Masse mit Wasser ausgekocht und filtriert. Aus der klaren Lösung scheidet sich das Sulfat als weißes Pulver aus; der Rückstand im Filter besteht meistens aus Kieselsäure. (Das Eindampfen muß im Freien oder unter einem gut ziehenden Schornsteine geschehen, weil saure Dämpfe auftreten.

Wie erklärt sich das Vorhandensein dieser Kieselsäure?

Gießt man in eine Lösung von Aluminiumsulfat eine solche von Natriumkarbonat, so entweicht gasförmige Kohlensäure, die Schwefelsäure verbindet sich mit dem Natrium zu wasserhellem Natriumsulfat, das in Lösung bleibt, und drittens entsteht ein dicker, gallertartiger Niederschlag von wasserhaltigem **Aluminiumoxyd**, das seinen Sauerstoff und Wasserstoff aus dem Lösungswasser bezieht. Dieses wasserhaltige Aluminiumoxyd ist für die Färberei ein sehr wichtiger Stoff, da es mit den Farbstoffen unlösliche Verbindungen eingeht, so daß das Gewebe waschecht wird. — Man erhält leicht einen schön gefärbten Niederschlag, wenn man zu einer Aluminiumsulfatlösung Eosin (rote Tinte) gießt. Beim Filtrieren zeigt es sich, daß das wasserhaltige Aluminiumoxyd fast den ganzen Farbstoff festgehalten hat. Sollte der Niederschlag nicht sogleich erfolgen, so gießt man ein wenig Ammoniak hinzu.

g) **Aluminiumazetat** (essigsaure Tonerde) ist ein bekannter Stoff, da er als Lösung ein wichtiges medizinisches Heilmittel ist (Gurgelwasser, feuchter Verband auf Wunden und Geschwülsten). Man erhält es, wenn man einer Lösung von Aluminiumsulfat eine solche von essigsaurem Blei zusetzt. Der entstehende weiße Niederschlag ist Bleisulfat; was bleibt dann in Lösung? Filtriere und verdunste! — Der unter *f*) angegebene Versuch kann auch mit essigsaurer Tonerde ausgeführt werden. Benutze auch andere Farbstoffe wie Methylviolett, Rotholz, Fluorescin usw.!

h) **Alaun**, das bekannte weiße Salz, das beim Kristallisieren schöne Oktaeder bildet, ist ein Doppelsalz; denn es besteht aus Aluminiumsulfat

und Kaliumsulfat. Es läßt sich leicht nachweisen, daß der Alaun ein Aluminiumsalz ist, denn setzt man einer Alaunlösung nach und nach Ammoniak zu, so entsteht derselbe gallertartige Niederschlag von wasserhaltigem Aluminiumoxyd wie bei *f*) und *g*). Der Alaun war schon im Mittelalter bekannt.

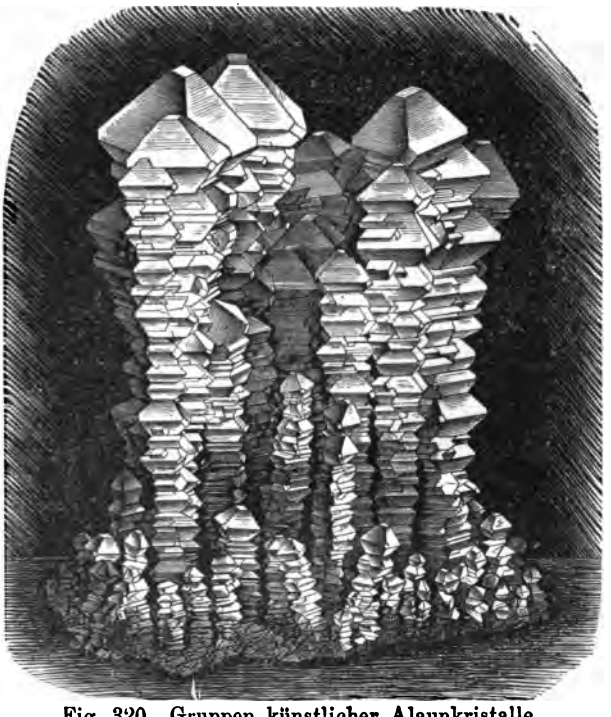


Fig. 320. Gruppen künstlicher Alaunkristalle.

Er löst sich im Wasser ziemlich schwer auf und wird oft als Gurgelwasser gebraucht. In der Färberei spielt er noch immer eine wichtige Rolle, wenn er auch oft durch die beiden anderen Aluminiumsalze ersetzt wird. Auch in der Gerberei wird er zur Gewinnung von Handschuhleder und zum Gerben der Pelze verwendet.

§ 113. Eisen.

a) Wiederhole § 77 *a*, *h*.

b) Gediegenes Eisen findet man nur in den sehr zerstreut vorkommenden Meteorsteinen, den Trümmern früherer Himmelskörper. Aus diesem Eisen haben die ältesten Kulturvölker die ersten Waffen und Werkzeuge hergestellt. Die Eisenerze kommen in ungeheuren Mengen in der Erde vor. Erst dann, als man verstand, das Metall im großen aus diesen Erzen zu gewinnen, gelangte es zu der hohen Bedeutung, die es heutzutage in der Technik besitzt.

Man unterscheidet **oxydische** und **sulfidische Erze.** Die wichtigsten **oxydischen** Erze sind folgende:

1. Der Magneteisenstein, der eisenschwarze Farbe, metallischen Glanz besitzt und bis 72 % Eisen enthält. Er ist das eisenreichste Erz, und aus ihm gewinnt man ein Metall vorzüglicher Qualität. Wird ein Stück dieses Erzes der Magnetnadel genähert, so wirkt es anziehend oder abstoßend auf sie ein, daher der Name Magneteisenstein. Die reichsten Lager dieses wertvollen Erzes befinden sich in Schweden, im Ural und in Nordamerika.

2. **Der Roteisenstein, ein rotbraunes**, derbes Mineral ohne Metallglanz, das oft mit Ton verunreinigt ist. Es besteht aus reinem Eisenoxyd und ist außerordentlich verbreitet. Manche Gesteine, wie z. B. der Sandstein, verdanken dem Gehalt an diesem Erze ihre rote Farbe. Ist er stark mit Ton vermischt, so färbt er ab und kann zum Schreiben auf Holz oder Stein gebraucht werden (Rötel). Große Lager von Roteisenstein findet man in Sachsen, Schlesien, Westfalen, Lothringen, der Rheinprovinz.

Fig. 321.
Roter Glaskopf.
Bruchstück (nat. Gr.)

3. Der rote **Glaskopf** oder Blutstein hat ein faseriges Gefüge, und seine glatte, schwarze und glänzende Oberfläche zeigt wunderliche trauben- oder nierenförmige Gebilde. Auf Steinen hinterläßt er einen roten Strich.

4. Ebenso verbreitet wie der Roteisenstein ist der in denselben Gegenden vorkommende **Brauneisenstein**, ein wasserhaltiges Eisenoxyd oder Hydroxyd, also Eisenrost, der stark mit Ton vermischt ist. Die abfärbenden gelben und braunen Arten werden unter dem Namen **Eisenocker** als Farbstoffe verwendet. Die gelbe oder braune Farbe des Lehms, der Ackererde im allgemeinen, vieler Sand- und Kalksteine, gewisser Marmorsorten, der Wassertümpel in Sumpfgegenden rührt von beigemengtem, sehr fein verteiltem Brauneisenstein her. Oft ist das Erz aus erbsen- bis bohnengroßen kugeligen Gebilden zusammengesetzt; man nennt es dann **Bohnerz**. Aus Rot- und Brauneisenstein wird in Deutschland das meiste Eisen gewonnen.

c) Das wichtigste schwefelhaltige (sulfidische) Erz ist der **Eisenkies**. Er hat eine hellgelbe (speisgelbe) Farbe, metallischen Glanz, kristallisiert in Würfeln und ist so hart, daß er Glas ritzt und am Stahle Funken gibt. Er ist ein sehr verbreitetes Mineral und findet sich in fast allen älteren Gesteinen. Zur Gewinnung von Eisen wird er nicht gebraucht, da schon eine geringe Beimengung von Schwefel das Eisen rotbrüchig macht. Man benutzt ihn hauptsächlich zur Bereitung von Schwefelsäure und Eisensulfat.

§ 114. Die Gewinnung und Verarbeitung des Eisens.

a) Manche Negerstämme Zentralafrikas, die trotz ihrer niederen Kulturstufe von jeher gute Schmiede gewesen sind, verstehen es, in einfachster Weise aus Eisenerzen das Metall zu gewinnen, und ihre Einrichtungen sind in dieser Hinsicht dieselben, die auch die Menschen in der Urzeit benutzten, um sich mühsam kleine Mengen von Eisen zu verschaffen. Sie häufen im Freien Erzstückchen, vermischt mit Holzkohle, an, umhüllen den Haufen mit einer dicken Lehmschicht, lassen oben einen Abzug für die Gase frei und führen unten die Röhren mehrerer Blasebälge ein. Ist das Feuer entzündet, so werden die Blasebälge in Bewegung gesetzt, die Verbrennungswärme steigt nach und nach auf einen sehr hohen Grad, und nach zwei Tagen ununterbrochener Arbeit

findet man in einer kleinen Grube unter dem Haufen ein schlackenreiches Eisen, das dann durch Hämmern von der Schlacke befreit und zu Werkzeugen und Waffen verarbeitet wird.

Wir sind heutzutage weit von dieser primitiven Metallgewinnung entfernt. Fig. 322 zeigt eine moderne Anlage zur Gewinnung von Eisen, wie man sie in allen Industrieländern jetzt findet. Links sehen wir einen Hochofen, rechts neben den Schornsteinen einen zweiten. In der Mitte ragen die Winderhitzer auf, die die Hochöfen mit stark erhitzter Zugluft versehen.

Fig. 322. Hochofen Donawitz.

b) Der **Hochofen** (Fig. 323) ist ein turmartiges Gebäude aus feuerfestem Mauerwerk, welches eine Höhe von 10—30 *m* erreicht. Der äußere Mantel ist oft mit dicken Metallreifen umgeben, um das Bersten des Hochofens zu verhüten. Die obere Öffnung heißt die **Gicht**, durch welche der Hochofen mit Kohlen und Erz beschickt wird; sie kann durch einen trichterförmigen Deckel verschlossen werden, so daß die bei der Reduktion entstehenden brennbaren Gase nicht in die Luft entweichen können, sondern durch ein seitliches Rohr in die Winderhitzer abziehen, wo sie zur Erhitzung der Gebläseluft verwendet werden. Der Längsschnitt durch den Hochofen (Fig. 324) zeigt uns, daß der innere Teil, der **Schacht**, sich nach unten kegelförmig erweitert; darauf folgt ein sich stark verengernder Teil, die **Rast**, und endlich das ungefähr 2—3 *m* breite, zylindrische **Gestell**, dessen Abschluß der **Herd** bildet.

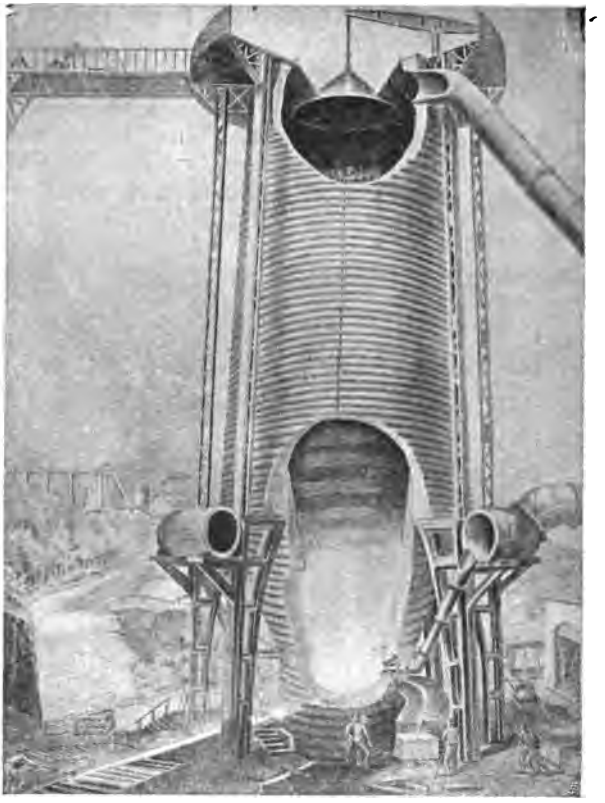


Fig. 323.

c) Soll der Hochofen in Betrieb gesetzt werden, so füllt man zunächst das Gestell mit Kohlen, zündet sie an und setzt das Gebläse, dessen Mündungsröhren, **Düsen** genannt, im Gestell endigen, in Gang. Durch die Gicht werden nun die Rast und der Schacht mit Koks und Erz gefüllt, und zwar so, daß Schichten von Brennmaterial und Erz miteinander abwechseln. In dem Maße als die Füllung durch Verbrennung und Schmelzen niedersinkt, werden durch die Gicht Erze und Kohlen nachgefüllt. Durch die Zuführung von stark erhitzter Luft durch das Gebläse steigt die Temperatur im Gestelle auf 1800—2000°. Die bei der Verbrennung der Kohlen im Gestell entstehende Kohlensäure gelangt in die höher gelegenen, nur rotglühenden Kohlenschichten. Diese entziehen der Kohlensäure einen Teil ihres Sauerstoffes, so daß sie zu Kohlenoxyd reduziert wird. Dieses Kohlenoxyd nimmt nun in der nächsten Erzschicht den Sauerstoff des Erzes auf und verwandelt sich wieder in Kohlensäure. Das frei gewordene Eisen rinnt in großen Tropfen herab, nimmt auf diesem Wege Kohlenstoff auf und sammelt sich als kohlenstoffhaltiges Roheisen auf dem Herde.

d) Die Eisenerze bestehen nicht nur aus Eisenoxyd, sondern aus einem Mineral (Kalk oder Quarz und Ton), das das Eisenoxyd enthält. Die Reduktion könnte demnach nur an dem äußeren Überzuge von Eisenoxyd stattfinden. Um nun auch das im Innern des Muttergesteines enthaltene Eisenoxyd reduzieren zu können, muß dieses Gestein verflüssigt werden. Man erreicht das durch Vermischen der Erze mit dem Zuschlage, der aus Kalk besteht, wenn das Muttergestein quarziger Natur ist, aus Quarz aber, wenn das Muttergestein ein Kalkgestein ist. Bei der

hohen Temperatur im Hochofen verbindet sich nun der Quarz mit dem Kalke, und es entsteht eine Glasart in flüssigem Zustande, die **Schlacke**, die durch Eisenverbindungen verschiedenartig gefärbt ist. Diese Schlacke umhüllt die herunterrinnenden Eisentropfen, sammelt sich auf dem Herde und schwimmt wegen ihres geringen spezifischen Gewichtes auf dem flüssigen Metalle. Diese Schutzdecke ist notwendig, denn sonst würde das Eisen bald durch die heiße Gebläseluft oxydiert sein, und statt des Metalles würde man sein Oxyd auf dem Herde finden.

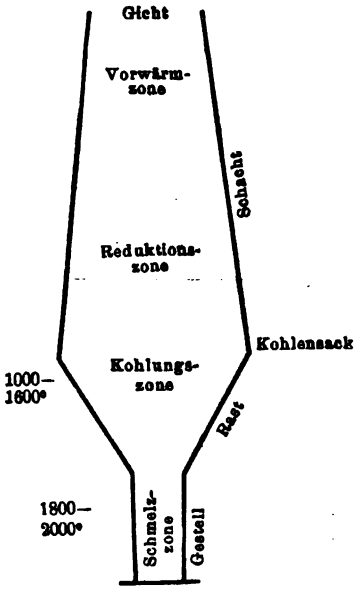


Fig. 324. Schema eines Hochofens.

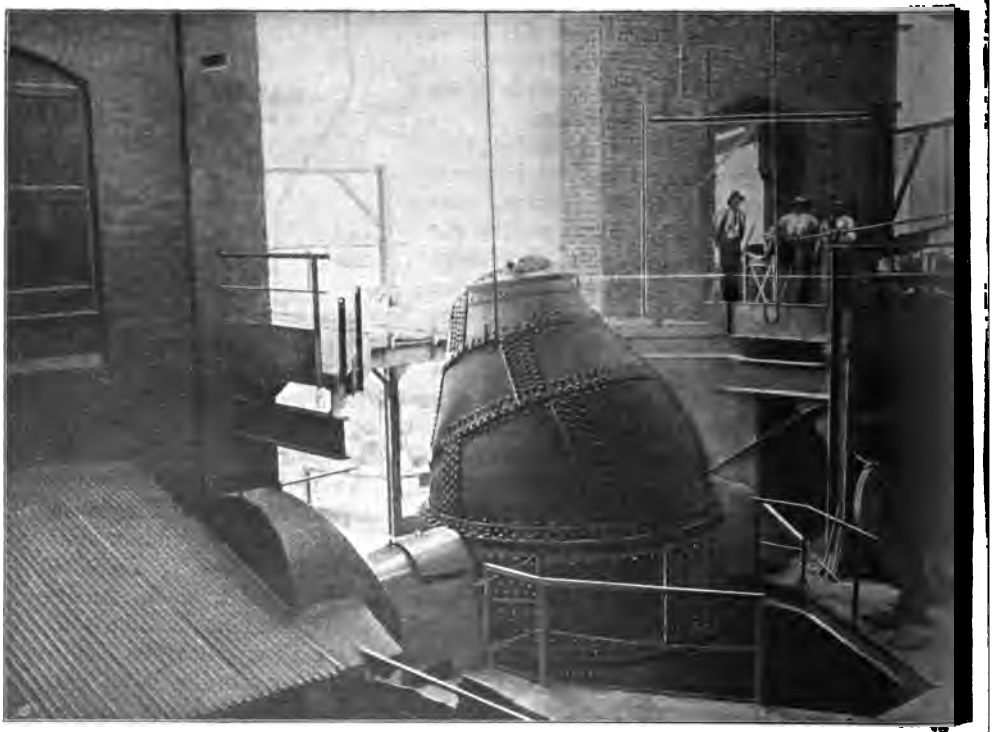
e) Über dem Herde befinden sich zwei Abstichöffnungen, eine tief liegende (links) für den Abfluß des Eisens, eine höher liegende (rechts), durch welche die Schlacke in eiserne Wagen abgelassen wird. Die untere Öffnung ist mit einem Lehmpfropfen verschlossen, der mit einer eisernen Stange eingestoßen wird, wenn sich genug Eisen angesammelt hat. Der Metallstrom ergießt sich, blendend weißes Licht ausstrahlend, in Sandrinnen (links), wo er zu **Roheisen** erstarrt.

f) Dieses Roheisen hat ein körniges Gefüge, wird bei 1500—1600° dünnflüssig, so daß es Formen gut ausfüllt. Man nennt es deshalb auch **Gußeisen** und verwendet es in den Eisengießereien zur Herstellung von Maschinenteilen und Gußwaren. Da es spröde ist, läßt es sich weder schmieden noch auswalzen noch schweißen. Es enthält 3—5% Kohlenstoff. — Je weniger Kohlenstoff nun das Eisen enthält, desto mehr verändern sich seine Eigenschaften. Beträgt der Gehalt an Kohlenstoff 0·5—1%, so erhält man ein äußerst feinkörniges Eisen, das bei 1500 bis 1800° schmilzt, sich ausdehnen läßt und gehärtet werden kann. Es besitzt dann außer großer Härte auch höchste Elastizität. Diese Eisensorte ist der **Stahl**. — Geht der Kohlenstoffgehalt bis auf 0·2—0·5% herunter, so hat man **Schmiedeeisen** mit hakigem Bruche und sehnigem Gefüge. Es ist äußerst dehnbar, leicht zu schweißen und schmilzt erst bei einer Temperatur, die über 1800° liegt. — Da sich die drei Eisensorten nur durch den verschiedenen Gehalt an Kohlenstoff unterscheiden und Gußeisen am meisten Kohlenstoff enthält, so ist leicht einzusehen, daß man aus Gußeisen sowohl Stahl als Schmiedeeisen herstellen kann, wenn es gelingt, die im Gußeisen enthaltene Kohlenstoffmenge zu verringern.

g) Ein geeignetes Verfahren, den Kohlenstoffgehalt des Gußeisens zu verändern, verdanken wir dem Engländer Bessemer, und nach diesem Entkohlungsverfahren werden heutzutage hauptsächlich Stahl und Schmiedeeisen hergestellt. — Vom Hochofen her leitet man den Metallstrom in

ein großes, birnförmiges, aus Eisenplatten hergestelltes Gefäß, das um eine wagerechte Achse gedreht werden kann, die **Birne** oder den **Konverter**. Im Innern sind die Wände mit feuerfesten Ton- oder Kalksteinen bekleidet.

Im Boden der Birne ist ein siebartiger Kasten eingefügt, in den das Mündungsrohr einer starken Druckpumpe führt. Ist die Birne gefüllt, so setzt man die Pumpe in Bewegung; durch die Öffnungen des Siebes dringt dann ein starker Luftstrom durch die flüssige Metallmasse, der den darin enthaltenen Kohlenstoff verbrennt. Je länger die Luft ein-



Konverter. Fig. 325. Stahlwerk Königshof. Stahlwerk.

wirkt, desto ärmer an Kohlenstoff wird das Eisen, und so kann man nach Belieben Stahl oder Schmiedeeisen gewinnen. Hat die Entkohlung den gewünschten Grad erreicht, so wird der Luftstrom unterbrochen und die Birne umgekippt; ihr Inhalt entleert sich in Pfannen oder Rinnen, in denen das Metall erstarrt. — Die Ausfütterung der Birne mit Kalksteinen ist deshalb notwendig, weil manche häufig vorkommenden Brauneisenerze noch Phosphor enthalten. Dieser Phosphor muß entfernt werden, weil schon ein geringer Gehalt an diesem Elemente das Eisen kaltbrüchig macht. Der Phosphor verbindet sich mit den Kalksteinen zu phosphorsaurem Kalke, der dann in feingemahlenem Zustande als

Thomasmehl in den Handel kommt und dem Landwirte ein wertvolles Düngmittel ist (§ 110 *f*).

h) Die durch den Bessemerprozeß erhaltenen Stahlblöcke kommen in das Hammerwerk (Fig. 326), um dort durch mächtige Dampfhämmer geschmiedet und ausgereckt zu werden. Soll geformtes Eisen fabriziert werden, wie z. B. Schienen, T-Träger, Rundeisen usw., so werden die weißglühenden Stücke durch ein Walzwerk (Fig. 326, vorn rechts) geführt, dessen Walzen mit den nötigen Profilen versehen sind. Die schweren,

Fig. 326. Dampfhammerwerk aus Böhlers Gußstahlfabrik in Kapfenberg (Steiermark).

aus Stahl gefertigten Walzen werden durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt.

Die modernen Hochofenanlagen, die große Mengen besten Eisens in ununterbrochenem Betriebe liefern, haben den riesenhaften Aufschwung der Maschinenindustrie bedingt. Das Überhandnehmen der Maschinenarbeit, die täglich sich mehrende Einführung des Eisens in den Hoch- und Tiefbau, die kolossalen Ausdehnungen der Kriegs- und Handelsschiffe wirken wieder rückwärts auf die Eisengewinnung ein, und es werden jährlich mächtige Erzmassen gefördert und verarbeitet.

Unter den Eisen liefernden Ländern stehen an erster Stelle die

Vereinigten Staaten (17), Deutschland (10), England ($8^1/_2$), Rußland (3), Frankreich (3 Millionen Tonnen). Das in Deutschland jährlich gewonnene Eisen hat einen Wert von über 700 Millionen Mark.

§ 115. Die wichtigsten Eisenverbindungen.

a) **Eisensulfat** (schwefelsaures Eisen; Eisenvitriol).

Wiederhole § 101!

b) Wird gepulvertes Eisensulfat in einem eisernen Löffel erhitzt, so treten zunächst Wasserdämpfe auf, und das grüne Pulver wird weiß. Im Eisensulfat ist also Wasser chemisch gebunden. Bei stärkerem Erhitzen färbt sich die Masse dunkel und geht nach und nach in ein rotbraunes Pulver, Eisenoxyd, über, wobei Dämpfe von schwefeliger Säure auftreten, die leicht am Geruche erkannt wird. In einer Reibschale zerrieben, erhält man einen schönen rotbraunen Farbstoff, der aus reinem Eisenoxyd besteht. — Der Versuch läßt sich auch in einem schwer schmelzbaren Glasröhrchen ausführen, das wagerecht über der Flamme befestigt sein muß, weil sonst die sich bildenden Wassertropfen — woher kommt dieses Wasser? — an die erhitzte Stelle geraten und das Glasrohr zum Zerspringen bringen.

c) Löse Eisenoxyd in Salzsäure auf und filtriere! Man erhält eine braungelbe Lösung, aus der sich beim Verdunsten kleine gelbe Kristalle, das **Eisenchlorid**, ausscheiden. — Gieße zu Eisenchloridlösung eine Lösung von Gerbsäure oder gelbem Blutlaugensalze! — Gib die charakteristische Färbung des Niederschlages an! — Eisenchlorid wird in der Medizin als wichtiges blutstillendes Mittel angewendet.

d) Einige Badeorte in Deutschland, wie Homburg und Langenschwalbach im Taunus, Antogast, Griesbach, Peterstal und Rippoldsau im Schwarzwalde, Pyrmont am Teutoburger Walde, Sulzbach in den Vogesen, sind berühmt durch ihre Eisensäuerlinge. Die dort entspringenden Quellen von kohlensaurem Wasser sind eisenhaltig. Das frisch an der Quelle geschöpfte Wasser ist klar; aber bald trübt es sich an der Luft, weiße Flocken scheiden sich aus, die nach und nach eine graugrüne und schließlich eine gelbbraune Farbe zeigen. Das ist die charakteristische Rostfarbe. Die in diesen Eisenwässern enthaltene Eisenverbindung ist **Eisenkarbonat**, kohlensaures Eisen, das in kohlensaurem Wasser löslich ist. — Gieße eine Lösung von Soda in eine solche von Eisensulfat; es entsteht ein weißer, flockiger Niederschlag: kohlensaures Natrium + schwefelsaures Eisen gibt schwefelsaures Natrium und kohlensaures Eisen. — Leite einen Strom von Kohlensäure in die Flüssigkeit; was bemerkt man? — Koche die klare Lösung; erkläre die eintretende Trübung! — Filtriere den Niederschlag ab und breite ihn aus; die oben angegebenen Farbenänderungen treten ein.

Die schöne rote Farbe des Blutes rührt von seinem Eisengehalte her. Das Blut gesunder erwachsener Menschen enthält bis 7 *g* Eisen. Ein zu geringer Gehalt an Eisen ruft die unter dem Namen Bleichsucht oder Blutarmut (eigentlich Eisenarmut) bekannte Krankheit hervor. Die oben

angegebenen Badeorte werden jährlich von vielen an Bleichsucht leidenden Kranken besucht.

e) Das wichtigste Eisensalz, das Eisenvitriol, wird im großen aus Eisenkies (Schwefeleisen) gewonnen. Das zerkleinerte Erz wird in flachen Gruben mit Wasser übergossen und der Verwitterung überlassen. Es bildet sich dann schwefelsaures Eisen — woher kommt der Sauerstoff? —, das sich im Wasser auflöst und durch Abdampfen sich ausscheidet.

§ 116. Blei.

a) Wiederhole § 77*c*).

b) Der an vielen Orten Deutschlands (Harz, Taunus, Erzgebirge, Vogesen), in besonders großen Mengen in Nordamerika und in Spanien vorkommende **Bleiglanz** ist das Mineral, aus dem hauptsächlich das metallische Blei gewonnen wird. Da das Erz aus einer Verbindung von Blei und Schwefel besteht, erhitzt man es stark bei Luftzutritt (Rösten), wobei der Schwefel als schwefelige Säure entweicht und das Blei sich in Bleioxyd verwandelt. Dieses Oxyd kann dann durch Kohle leicht reduziert werden. Wiederhole § 106 *c*). — Da der Bleiglanz oft silberhaltig ist und das Silber einen hohen Wert hat, so wird das durch den eben angegebenen Reduktionsprozeß erhaltene Rohblei zunächst auf Silber verarbeitet. In flachen Kesseln wird das Blei geschmolzen, während heiße Luftströme auf die Oberfläche gerichtet werden. Die Oxydschichten werden in dem Maße, als sie sich bilden, abgeschöpft, und endlich bleibt eine silberglänzende flüssige Masse übrig, die nicht mehr oxydiert: das reine Silber. Der Bleiglanz enthält manchmal bis 1% Silber; trotz dieser geringen Menge lohnt sich das **Abtreiben** doch.

c) Das **Bleioxyd** ist ein gelbes Pulver. Bei starker Erhitzung an der Luft verwandelt es sich in die schön rote **Mennige**, die als Deckfarbe für Eisen und zur Herstellung von Kitt viel gebraucht wird. — Das Bleioxyd löst sich in verdünnter Essigsäure unter Bildung von **essigsaurem Blei** auf. Dieses ist ein wasserhelles, süßlich schmeckendes, **giftiges** Salz, das leicht in Wasser löslich ist. — Wird in eine sehr verdünnte Lösung dieses Salzes ein Zinkstreifen gehängt, so scheidet sich nach und nach das metallische Blei in stark glänzenden Schuppen ab (**Bleibaum**). — Gießt man in eine Lösung von essigsaurem Blei eine solche von doppeltchromsaurem Kalium, so entsteht sofort ein schön gelber Niederschlag von Chromblei, der als geschätzte Malerfarbe vielfach Verwendung findet.

d) Ein wichtiger, zum Anstreichen von Türen, Fensterrahmen, Sockeln viel gebrauchter Bleifarbstoff ist das **Bleiweiß**. Wir stellen ihn dar, indem wir eine Lösung von essigsaurem Blei mit einer solchen von kohlensaurem Natrium (Soda) vermischen. Essigsaures Blei + kohlensaures Natrium = essigsaures Natrium + kohlensaures Blei. Das erste Salz bleibt in Lösung, das zweite fällt als weißer Niederschlag aus und kann durch Filtrieren leicht von der Flüssigkeit getrennt werden. — Die aus Blei hergestellten und wegen der Schönheit ihrer Farbe viel gebrauchten Farbstoffe (Mennige, Chromblei, Bleiweiß) haben den Nach-

teil, daß sie alle giftig sind. Das Blei, auch das reine Metall, ist das schlimmste Industriegift. Unmittelbar tödlich wirkt es wohl nicht; aber durch das tägliche Umgehen mit diesen Stoffen gelangen fortwährend kleine Mengen in den Körper, die eine sich immer mehr steigernde Vergiftung (Bleikolik) hervorrufen und allmählich zum Tode führen. Besonders Anstreicher und Gas- und Wasserinstallateure sind dieser Gefahr ausgesetzt.

e) Aus dem schmieg- und biegsamen Blei werden durch Pressen Gasleitungsröhren hergestellt. Die Fabrikation ist leicht zu verstehen. Als Presse dient ein wagerecht liegender Zylinder mit massivem Kolben, der durch Dampfkraft nach vorn bewegt werden kann. In der vorderen Wand ist eine ringförmige Öffnung. Der massive Kern dieses Ringes ist durch einen Quersteg mit der Wand verbunden. Das Innere des Zylinders wird mit Blei gefüllt, das bis zum Schmelzen erhitzt wird. Durch die Vorwärtsbewegung des Kolbens quillt in ununterbrochenem Strome eine Bleiröhre aus der Ringöffnung, die im stark gekühlten Vorraume sofort erstarrt. Dabei schadet der Steg, der doch das Blei durchschneidet, nicht, weil das noch weiche Blei sofort die Wände wieder schließt. — Zu Wasserleitungsröhren sollte man das Blei nicht verwenden; warum nicht?

§ 117. Das Kupfer.

a) Wiederhole § 77 *b*) und § 81 *c*), *d*)!

b) Das wichtigste Kupfererz, aus dem die größte Menge des Metalles gewonnen wird, ist der goldgelbe, oft bunt angelaufene Kupferkies, eine Verbindung von Kupfer und Schwefel. In dem Erze ist außerdem noch Eisenkies in beträchtlicher Menge enthalten. Der Gehalt an Schwefel und an Eisenkies macht die Gewinnung reinen Kupfers aus dem Erze sehr umständlich. Man verfährt jetzt meistens so, daß man das Erz an der Luft schwach röstet (erhitzt) und dann mit Kieselgestein im Hochofen schmilzt. Das Eisen oxydiert und geht in die Schlacke, während das Kupfer als Metall und als Sulfid übrig bleibt. Dieses Produkt heißt Schwarzkupfer und wird in zentnerschwere Platten gegossen, welche in eine große Wanne, die mit Kupfersulfatlösung gefüllt ist, abwechselnd mit dünnen Reinkupferplatten gehängt werden. Die ersten verbindet man mit dem + Pol, die zweiten mit dem — Pol einer starken Elektrizitätsquelle (Gleichstrommaschine). Die durch die Elektrolyse des Kupfersulfates freiwerdende Schwefelsäure scheidet sich an den + Schwarzkupferplatten aus und löst dieselben nach und nach auf, während sich reines Kupfer an den — Kupferplatten absetzt. Die Verunreinigungen in den Schwarzkupferplatten sammeln sich als schwarzer Schlamm auf dem Boden der Wanne an. — Ein anderes Verfahren besteht darin, daß man den Kupferkies in kleine Stücke zerschlägt und in flachen Gruben mit Wasser übergießt. Es entsteht dann nach und nach Kupfersulfat, aus dem man mit Eisen reines Kupfer ausfällt.

c) Das Kupfer mit seiner charakteristischen roten Farbe und seinem hohen Metallglanze ist ein technisch sehr wertvolles Metall. Es läßt sich gießen, in Bleche und Blätter auswalzen sowie in sehr dünne

Drähte ausziehen, die eine große Zugfestigkeit besitzen. Während ein Bleidraht von 2 *mm* Durchmesser schon bei einer Belastung von 9 *kg* reißt, ist zum Zerreißen eines ebenso dicken Kupferdrahtes ein Zug von 140 *kg* nötig. — Die großartig entwickelte Elektrotechnik verbraucht gewaltige Mengen Kupfer. Der Preis für 100 *kg* beträgt rund 120 M.— Die ergiebigsten Kupferbergwerke besitzen Nordamerika, Mexiko, Chile, Japan. In Deutschland sind bei Goslar und im Mansfeldischen altberühmte Kupfererzlager, auch in Schlesien und im Erzgebirge wird Kupfer gewonnen. Im übrigen Europa liefern noch Spanien und Rußland viel Kupfer.

d) Das wichtigste Kupfersalz ist das **Kupfersulfat** oder schwefelsaures Kupfer. Wiederhole § 101 von *f*) an. Man erhält das **Hydroxyd** oder das wasserhaltige Oxyd als blaugrünen Niederschlag, indem man in eine Lösung von Kupfersulfat Kali gießt. Trocknet man diesen Niederschlag und erhitzt man ihn, so verwandelt er sich in schwarzes **Kupferoxyd.**

e) Das **Kupferchlorid** erhält man durch Lösen von Kupferoxyd in Salzsäure. (Kupfer + Sauerstoff) + (Chlor + Wasserstoff) = (Kupfer + Chlor) + (Sauerstoff + Wasserstoff), d. h. es entsteht Kupferchlorid und Wasser. Beim Abdampfen bilden sich grüne Blättchen, die sich in Spiritus leicht lösen und die Flamme prächtig grün färben. Das Salz wird deshalb in der Feuerwerkerei gebraucht.

f) Die löslichen Kupfersalze erzeugen beim Menschen Erbrechen und wirken, in größerer Menge eingenommen, giftig. Das mit Kupfervitriol gebeizte Saatgut darf deshalb nachträglich nicht zu Nahrungszwecken verwendet werden. Auf kupfernen Leuchtern für Kerzen sieht man oft am Rande der Stearinflecken eine hellgrüne Kruste. Es ist fettsaures Kupfer, das ebenfalls giftig ist. — Warum darf man Hahnen aus Messing nicht zu lang in Weinfässern stecken lassen? — Reines Kupfer zersetzt den Speichel und schmeckt deshalb bitter; es ist aber nicht giftig.

XI. Organische Verbindungen.

§ 118. In der Küche.

a) **Das Mehl.** 1. Schneidet man ein reifes Getreidekorn durch, so sieht man im Innern unter der gelben pergamentartigen Haut einen weißen pulverigen Körper. Beim Mahlen werden diese beiden Teile voneinander getrennt, und man erhält einerseits die Kleie, anderseits das Mehl.

2. In der **Mühle** wird aus den Körnern der verschiedenen Getreidearten Mehl bereitet. Beim Eintritt in eine Mühle sehen wir auf einem erhöhten Platze das Mahlwerk. Es besteht aus einem runden Holzkasten, in dem sich die beiden Mühlsteine, kreisrunde Platten aus sehr hartem Sandstein, befinden. Der untere Mühlstein *H* liegt fest und heißt der Bodenstein; über ihm bewegt sich um die senkrechte Achse *Me* der zweite Mühlstein in horizontaler Richtung. Dieser bewegliche Stein heißt Läufer und wird durch die senkrechte Achse *Me* getragen und in Bewegung gesetzt. Die einander zugekehrten Flächen der beiden Mühlsteine sind mit eingehauenen Furchen versehen, die nach dem Rand der Steine

führen. Das Getreide wird durch einen großen Trichter *G* eingeschüttet und fällt durch ein Rohr, das beständig in schüttelnder Bewegung erhalten wird, auf den Teller *T*. Es wird hier regelmäßig verteilt und gelangt so zwischen die Reibflächen der Mühlsteine, deren Entfernung voneinander man nach Bedarf vergrößern oder verkleinern kann. Mehl und Kleie werden durch die Zentrifugalkraft in den Mühlsteinkasten befördert und kommen durch eine schräg nach unten führende Röhre in den Aufzug. In diesem bewegt sich ein mit vielen Blechschöpfern versehenes Band ohne Ende um zwei Rollen. Am untern Ende des Aufzuges füllen sich die Schöpfer mit der dort angesammelten Mischung von Kleie und Mehl und befördern beides in ein großes Sieb *Sv*, das durch eine besondere Vorrichtung *Tm* stark hin und her geschüttelt wird. Das Sieb hat drei verschiedene Maschengrößen; diesen drei Abteilungen entsprechen

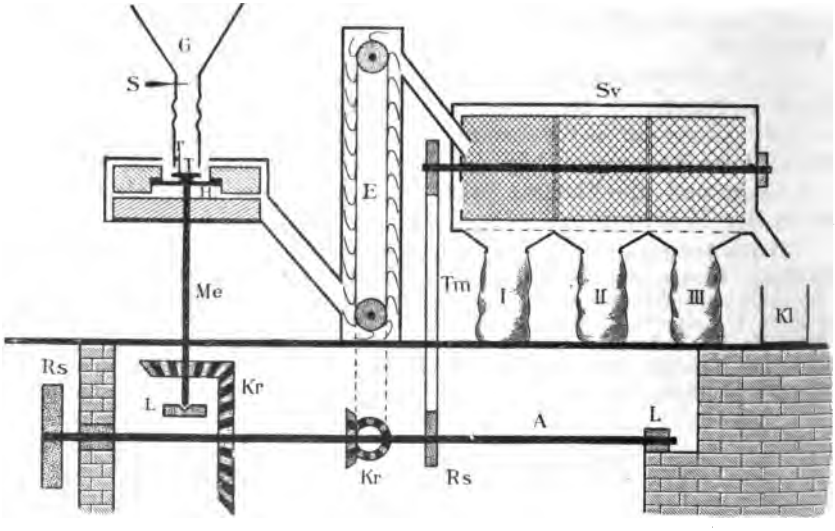


Fig. 327.

drei Öffnungen im Kasten, der das Sieb umgibt. Das gesiebte Mehl fällt durch diese Öffnungen in die Säcke I, II, III, welche je nach der Maschenweite mit feinerem oder gröberem Mehl gefüllt werden. Die Kleie geht nicht durch die Maschen hindurch und wird durch die schüttelnde Bewegung des Siebes in einen besondern Behälter *Kl* befördert. Diese ganze Einrichtung nennt man einen Mahlgang.

Die in idyllischer Einsamkeit am Bache liegenden kleinen Mühlen mit dem trägen Wasserrade und den wenigen Mahlgängen verschwinden immer mehr und mehr. An ihre Stelle treten in den großen Verkehrsmittelpunkten die riesigen, fabrikmäßig eingerichteten Handelsmühlen. Die Hausindustrie hat sich zur Großindustrie entwickelt. Zum Treiben der Mühlen wird entweder die Kraft des fließenden Wassers (Turbinen), die des Dampfes (Dampfmaschinen) oder die des hochgespannten elektrischen Stromes (Motore) in Anspruch genommen.

Erkläre in Fig. 327 die Anwendung und Wirkungsweise der Kegelräder *Kr*! — Zweck der Riemenscheibe *Rs*! — In welchen Gegenden Deutschlands gibt es noch Windmühlen? — In den großen Mühlen werden die Mühlsteine durch Stahl- oder Porzellanwalzen ersetzt. Warum? — Was würde geschehen, wenn der Müller den Läufer dem Bodenstein so sehr näherte, daß beide Steine sich reiben? Wirkung auf das Mehl.

3. In einem Leinwandbeutelchen wird Mehl unter Wasser geknetet. Das Wasser färbt sich nach und nach weiß. Fährt man mit dem Kneten fort, bis das Wasser klar bleibt, so findet man in dem Beutelchen einen gelblich grauen, zähen, klebrigen Stoff, den man **Kleber** nennt. Erhitzt man ihn auf einem Blech, so färbt er sich braun; er verkohlt, und ein höchst unangenehm riechendes Gas steigt auf. Dasselbe Gas erhält man, wenn man geronnenes Eiweiß auf diese Weise behandelt. **Der Kleber ist ein eiweißartiger Stoff.**

4. Nach längerem ruhigen Stehen klärt sich das weiße Wasser. Auf dem Boden hat sich ein weißer, pulveriger Körper abgesetzt. Untersucht man mit dem Mikroskop, so zeigt es sich, daß derselbe aus kleinen rundlichen Körnern zusammengesetzt ist. Einige Tropfen Jodtinktur färben ihn tiefblau: es ist **Stärkemehl.** (Fig. 328).

Fig. 328.

Das Getreidemehl besteht aus Stärkemehl und Kleber.

5. Wird Stärkemehl längere Zeit bei stetem Umrühren auf ungefähr 170° erwärmt, so wird es braun. Es hat dann die Eigenschaft erhalten, sich im Wasser aufzulösen. Das so veränderte Stärkemehl heißt **Dextrin.** Da die Auflösung im Wasser klebrig ist, so dient es als Klebmittel für Papier und als Appretur der Baumwoll- und Leinenstoffe.

6. **Kleister** erhält man durch Erhitzen einer Mischung von Wasser und Stärkemehl. Wird trockener Kleister stark erwärmt, so wird er hornartig. Darauf beruht das Steifen der Wäsche.

7. **Merke:**

a) Gutes Mehl darf nicht dumpf oder muffig riechen.
b) Beim Pressen zwischen den Fingern soll es sich nicht ballen.
c) Es darf nicht feucht sein.
d) Es darf kein Mutterkorn und keinen Kornradesamen enthalten, denn sie sind giftig. Diese Beimischung läßt sich erkennen, wenn man einen Teelöffel Mehl mit 4 Löffel Wasser anrührt und mit einigen Tropfen Salzsäure vermischt. Die angeführten Stoffe schweben dann als rote Pünktchen in der Flüssigkeit.
e) Das Mehl wird mit Kreide oder Gips verfälscht. Schüttle Mehl mit Wasser. Setzt sich rasch ein weißer Schlamm nieder, so ist es mit den angegebenen Mineralien verfälscht.

***b*) Die Brotbereitung.** Das Mehl wird mit Wasser zusammengeknetet. Würde man diesen Teig backen, so bekäme man ein schweres, kaum verdauliches Brot. Um den Teig zu lockern, vermischt man ihn mit Hefe, die aus lauter mikroskopisch kleinen, kugeligen oder länglich runden Pilzen besteht. (Fig. 329.) Im Mehl befindet sich von Natur etwas Zucker, und dieser Zucker wird von der Hefe so verändert,

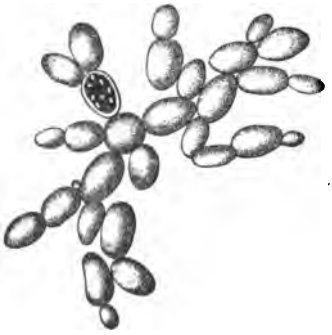


Fig. 329.

daß sich Kohlensäure bildet. Dieses Gas steigt durch den Teig empor, bläht ihn auf, so daß Hohlräume entstehen: der Teig wird locker. Beim Backen bildet sich an der Oberfläche eine zusammenhängende Schicht von Dextrin und Kleber: die Kruste. Die Kohlensäure kann wegen dieses luftdichten Verschlusses nicht entweichen, und so erhält man ein lockeres, leicht verdauliches Brot.

Gib die charakteristischen Merkmale des Weizenbrotes und des Roggenbrotes an! — Sehr leichtes, lockeres Gebäck (Biskuit) wird aus reinem Stärkemehl bereitet. Warum hat dieses Gebäck eine geringe Zusammenhangskraft? — Beobachte das Aufquellen des Brotes, wenn es einige Stunden im Wasser liegt! — Warum ist die Kruste leichter verdaulich als die Krume? — Vergleiche die Verdaulichkeit frischen und trockenen Brotes!

c) **Zucker.** 1. Die beiden Eigenschaften sind: **süß** und leicht löslich im Wasser. Kristallisiert heißt er Kandiszucker; der Hutzucker ist kristallinisch, das Zuckerwerk, Bonbons sind formloser Zucker.

Erhitzt man Zucker in einem eisernen Löffel, so schmilzt er; dann wird er braun und schließlich schwarz. Aus der braunen Masse steigen Gase auf, welche mit der charakteristischen Flamme des Leuchtgases verbrennen.

Stülpt man über die noch nicht brennenden Gase eine helle Glasglocke, so beschlägt sie im Innern: **Zucker** ist demnach eine Verbindung von **Wasserstoff, Sauerstoff** (Verhältnis 2 : 1 wie im Wasser) und **Kohlenstoff.** Solche Verbindungen heißen **Kohlehydrate.**

Behandelt man Stärkemehl ebenso, so erhält man dasselbe Ergebnis: Stärke ist ebenfalls ein **Kohlehydrat.** Was ist der Kleber? — Vermische eine dicke Zuckerlösung mit Schwefelsäure und erkläre die dabei auftretenden Erscheinungen!

2. Gib bekannte Verwendungen des Zuckers an! Zucker ist auch ein Konservierungsmittel: Anwendung!

Der Zucker wurde früher ausschließlich aus dem in Indien heimischen und überall in den Tropen angebauten **Zuckerrohr** gewonnen. Einem Berliner Apotheker namens Markgraf gelang es, denselben Zuckerstoff in der Runkelrübe zu entdecken (1747). Durch fortgesetzte Zucht dieser Pflanze entwickelte sich eine besondere Art: die **Zuckerrübe.** Heutzutage wird fast aller Zucker aus dieser Rübe gewonnen.

3. **Fabrikation:** Die Rüben werden zunächst sorgfältig gewaschen, dann durch Maschinen fein zerschnitten und durch warmes Wasser ausgelaugt. Dieser Rohsaft, der wegen des Gehaltes an Pflanzensäuren und Eiweißstoffen noch nicht süß schmeckt, wird erhitzt, um die gelösten Eiweißstoffe zum Gerinnen zu bringen. Nachdem die Flüssigkeit gut abgeschäumt worden ist, wird sie mit gelöschtem Kalk angerührt, der sich mit den Pflanzensäuren zu unlöslichen Salzen verbindet. Der überschüssige Kalk wird durch Einleiten von Kohlensäure als unlösliches Calciumkarbonat niedergeschlagen. Die Flüssigkeit wird abgelassen, über Knochenkohle filtriert und dann eingedampft. Dieses Eindampfen geschieht in den Vakuumpfannen, das sind große kupferne, luftdicht abgeschlossene Kessel, die durch ein Rohr mit einer Luftpumpe verbunden sind. Die Luftpumpe entfernt die Luft und die Dämpfe, so daß die Flüssigkeit schon bei der geringen Temperatur von 60°—70°

siedet. Durch diese Einrichtung spart man an Heizmaterial und vermeidet das Braunwerden der Zuckerlösung. In flachen Kasten kristallisiert der Zucker aus, ein anderer Teil bleibt in Lösung und bildet den Sirup oder die Melasse. Der auskristallisierte Zucker wird in Schleudermaschinen (Zentrifugen) von dem anhaftenden Sirup befreit, nochmals aufgelöst und in konische Formen gegossen, in denen er erstarrt. So entsteht der Hutzucker. Man erhält den Kandiszucker, indem man die Zuckerlösung in Kasten, die von Fäden durchzogen sind, erstarren läßt. Die Zuckerkristalle setzen sich an den Fäden an. Aus der größten Masse des Sirups gewinnt man durch Gärung und Destillation Rum.

4. Stärke, ein Kohlehydrat, läßt sich leicht in Zucker, der auch ein Kohlehydrat ist, überführen. Zu diesem Zwecke kocht man sehr verdünnten Stärkekleister mit einer geringen Menge Schwefelsäure. Dieses Kochen wird so lange fortgesetzt, bis Jodtinktur keine Blaufärbung mehr hervorbringt. Nun vermischt man die dicke Flüssigkeit mit Kreide, um die Schwefelsäure zu binden und filtriert. Man erhält eine braune, süß schmeckende Flüssigkeit, die einen nur schwer kristallisierbaren Zucker enthält, den **Stärke- oder Traubenzucker.**

Dieser Zucker kommt in allen reifen Obstarten vor. Er bedeckt oft die Backpflaumen und die Rosinen. Kuchenbäcker und Zuckerbäcker brauchen ihn; leider wird er auch zur Herstellung von Kunstwein verwendet.

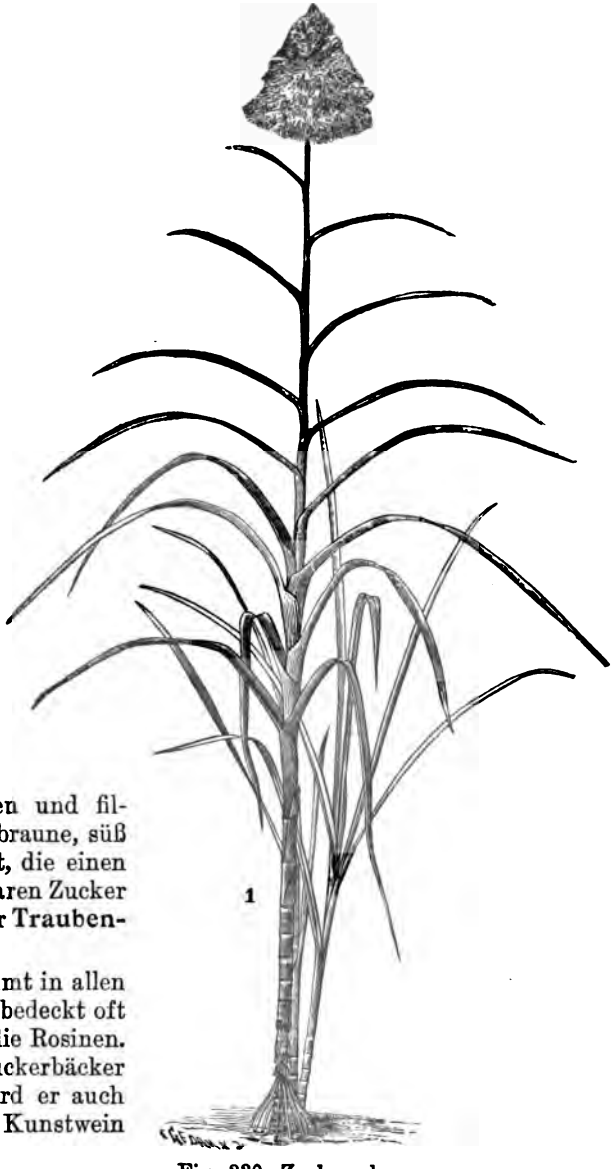


Fig. 330. Zuckerrohr.

d) Eier und Milch.

1. Schneidet man ein hartgesottenes Ei der Länge nach durch, so erkennt man die Hauptteile desselben: 1. Die Schale aus kohlensaurem

Kalk (Beweis); 2. die pergamentartige Eihaut; 3. das Eiweiß; 4. den gelben Dotter.

Die Eischale ist porös, was sich leicht durch Einlegen eines Eies in eine Lösung eines Anilinfarbstoffes beweisen läßt. Infolge der Porosität gelangen mikroskopische Pilze und Luft in das Innere, und das Ei geht allmählich in Fäulnis über.

Welches Gas entwickelt sich dabei? — Warum zerplatzen die faulen Eier leicht? — Wie macht man die Schale luftdicht? — Prüfe das Ei auf seine Durchsichtigkeit! Angebrütete oder faule Eier sind undurchsichtig.

Da unsere Hühner im Winter gar keine oder doch nur sehr selten Eier legen, anderseits aber die Eier nach längerem Liegen leicht faulen, so mußte man darauf bedacht sein, Mittel zu erfinden, um die Eier in frischem Zustand möglichst lange aufbewahren zu können. Die Fäulnis wird durch mikroskopische Spaltpilze, die durch die Poren der Schale dringen, hervorgerufen. Diese Pilze brauchen zum Leben Sauerstoff. Es handelt sich also bei der Aufbewahrung der Eier darum, sie von der Luft abzusperren. — Schon seit Jahrhunderten überziehen die Chinesen die Eier mit einer Schicht von nassem Lehm oder einem Teig aus Asche und Kleie. Die harte Kruste soll die Eier gut vor Fäulnis schützen. — Ganz zwecklos ist das Einwickeln in Papier, das Einlegen in Kleie, Häcksel, Sägemehl, Asche. — Ein gutes Mittel ist das Überziehen mit Kollodium, Lack oder das Einreiben mit Vaselin; besser wirkt das Einlegen in Wasserglas (1 Teil Wasserglas auf 10 Teile Wasser) oder in dicke Kalkmilch. Leider haben die Kalkeier einen unangenehmen Geschmack. — Von Hanika ist folgendes Verfahren als ganz zuverlässig angegeben worden: Einlegen der Eier während 15 Minuten in Wasser von 35°, dann gut reinigen. Mit einem Netz, Sieb oder Korb hängt man sie darauf während 5 Sekunden in siedendes Wasser, um sie dann sofort in kaltem Wasser abzukühlen. Man trocknet die Eier ab und legt sie zwischen Torfmull oder trockene Kleie in Kisten, die an einem kühlen, trockenen Ort aufbewahrt und von Zeit zu Zeit umgekehrt werden. Durch das Einwirken des siedenden Wassers werden die etwa schon eingetretenen Pilze getötet, das Eiweiß der Eihaut gerinnt und verschließt die Poren luftdicht. Das öftere Umkehren ist notwendig, damit der Dotter sich nicht an die Schale festsetzt; er verdirbt dann leicht. — Zahlreiche Versuche haben bewiesen, daß Eier, die im Juni nach dieser Methode behandelt wurden, im Februar des nächsten Jahres noch wie frische Eier schmeckten.

2. Quirle etwas flüssiges Eiweiß mit Wasser und erwärme die Mischung in einem Kochfläschchen! Bei 70° entsteht ein käsiges Gerinnsel; es ist das Eiweiß, welches bei dieser Temperatur fest wird.

Rühre gemahlene Erbsen oder Bohnen mit Wasser an und lasse die Mischung an einem warmen Orte einige Stunden stehen! Filtriere und koche! Es scheiden sich weiße Flocken aus. Im Mehl der Hülsenfrüchte ist Eiweiß (**Legumin**) enthalten; daher rührt der hohe Nahrungswert der Hülsenfrüchte. — Verbrenne Eiweiß: charakteristischer übler Geruch.

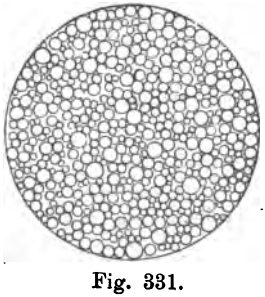


Fig. 331.

3. Betrachte einen Milchtropfen mit dem Mikroskop! (Fig. 331.) Milch besteht aus einer hellen Flüssigkeit, in welcher kleine **Fettkügelchen** schwimmen. Da dieses Fett spezifisch leichter als die Flüssigkeit ist, so steigt es in die Höhe und sammelt sich als Sahne an der Oberfläche. Wird diese Sahne stark geschlagen, so zerreißen die feinen Häutchen der Fettkügelchen, sie ballen sich zusammen, bilden Fettklumpen, und so erhält man **Butter.**

4. Tröpfle in die abgerahmte Milch etwas Essig: eine weiße, flockige Masse scheidet sich aus, die Milch **gerinnt**. Trockne diesen weißen Niederschlag und verbrenne ihn: charakteristischer übler Geruch wie beim Eiweiß. Milch enthält also Eiweiß: es heißt **Kaseïn** oder **Käsestoff**. Aus ihm bestehen die verschiedenen Käsearten, welche einen hohen Nahrungswert besitzen. — Die klare Flüssigkeit, die nun noch übrig bleibt (**Molken**) besteht aus Wasser. Dampft man es ein, so bleibt ein weißer, harter Stoff zurück, der süßlich schmeckt: **Milchzucker**.

Woraus besteht also die Milch?

Die Milch, das wichtigste Nahrungsmittel für kleine Kinder, wird häufig durch Wasser verfälscht. Prüfung mit der Milchwage (§ 46*c*). Auch die Butter erleidet Verfälschungen durch Vermengen mit Farbstoffen und Talg.

Läßt man Milch längere Zeit an der Luft stehen, so gerinnt sie von selbst (saure, dicke Milch). Wie scheidet man den Käsestoff aus? — Magere Käse werden aus abgerahmter Milch erhalten. Bringt man die Milch rasch zum Gerinnen, so wird das Fett mit dem Kaseïn ausgeschieden, und man erhält fette Käse.

Milch kann am besten durch langes, im Sommer öfteres Kochen vor dem Sauerwerden geschützt werden.

Trinke niemals ungekochte Milch! Die Kühe leiden oft an einer furchtbaren Krankheit (**Schwindsucht, Tuberkulose**), welche durch den Genuß roher Milch auf den Menschen übertragen werden kann. Nur durch Kochen können diese Krankheitskeime getötet werden.

Schwach saure Milch kann man mit dem Geschmack nicht erkennen, und doch ist es wichtig, vor dem Kochen festzustellen, ob ein Anfang von Säurebildung vorhanden ist, weil dann die Milch verweigert oder zur Bereitung von dicker Milch oder Käse verwendet werden kann. Folgende Probe führt zum Ziel: Man mischt einen Eßlöffel 70prozentigen Spiritus und ebensoviel der zu untersuchenden Milch in einem Weinglas. Hinterläßt die Flüssigkeit beim Hin- und Herneigen des Glases weiße Flöckchen an der Glaswand, so ist ein Anfang von Säurebildung untrüglich nachgewiesen.

e) **Fette.** 1. Butter, Schmalz, Talg und Öl sind die Fette, die am meisten in der Küche gebraucht werden. — Schmalz ist tierisches Fett, welches man im Körper gemästeter Tiere (Rinder, Schweine, Gänse) findet. Öl wird aus den reifen Früchten des Olivenbaumes, dem Samen der Nüsse, des Rapses, der Kokospalme gewonnen.

Die Fette sind alle spezifisch leichter als Wasser, in welchem sie sich nicht lösen. Lösungsmittel sind Benzin, Natronlauge. Die Fette ziehen sehr leicht in poröse Körper hinein. Besonders stark absorbiert der Töpferton die Fette. Wie entfernt man Fettflecke auf Böden? — Lederwaren werden durch das eingedrungene Fett geschmeidig erhalten (Einfetten von Pferdegeschirren, Schuhzeug). Da das Wasser keine Adhäsion zum Fett hat, so werden durchfettete Körper nicht feucht (Federn der Wasservögel, Öljacken der Matrosen, Schiffssegel und -Taue, Holz). Es überzieht auch Körper mit einer luftdichten Schicht (Einfetten von Metallen, Übergießen eingemachter Früchte mit Fett).

2. Erhitzt man Fett sehr stark, so steigen Gase von üblem Geruche auf, welche wie Leuchtgas verbrennen, Kohlenstoff bleibt übrig. Aus welchen Elementen bestehen demnach die Fette?

Im Winter erstarrt das Salatöl. Der feste Klumpen besteht aus Palmitin, die Flüssigkeit heißt Oleïn. Kocht man Talg längere Zeit

mit Weingeist und läßt man die abgegossene Flüssigkeit langsam abkühlen, so scheidet sich ein weißer Körper aus: **Stearin.** In der abfiltrierten, zuletzt übrig gebliebenen Flüssigkeit ist noch Oleïn enthalten.

Aus dem Stearin werden die bekannten Stearinkerzen fabriziert (§ 93).

Marktbutter ist oft verfälscht. Zur künstlichen Färbung wird Möhrensaft, Orleansgelb zugesetzt. Rührt man gefärbte Butter mit heißem Wasser an, so entsteht bald an der Oberfläche eine tiefgoldgelbe Schicht.

Unter Butter findet man auch oft Mehl oder Stärke. Zur Untersuchung löst man solche Butter mit Benzin auf und tröpfelt Jodtinktur dazu. Welche Farbe tritt dann auf?

Enthält die Butter viel Wasser, so ist sie schwerer als ausgepreßte Butter. Durch Kneten oder Schlagen mit der flachen Messerklinge treten eine Menge von Wassertröpfchen an die Oberfläche.

Margarine oder Kunstbutter besteht hauptsächlich aus Rindstalg, welcher mit gereinigtem Baumwollsamenöl und Kuhmilch verbuttert wird. Die Fabrikation dieses Fettes steht in Deutschland unter staatlicher Aufsicht. Es hat nicht den guten Geschmack der Butter, ist aber billiger und wird nicht leicht ranzig. Gegen seine Anwendung in der Küche läßt sich heutzutage nichts mehr einwenden.

f) **Fleisch.** 1. Die Muskeln, welche durch ihre Zusammenziehung die Knochen bewegen, bestehen aus Faserbündeln, die man mit dem Gesamtnamen Fleisch bezeichnet.

Die Hauptmasse des Fleisches ist Wasser. Einen Teil dieses Wassers verliert das Fleisch beim Kochen; daher rührt die Gewichtsverminderung beim Kochen oder Braten.

Übergieße gehacktes Fleisch mit kaltem Wasser, rühre tüchtig um und filtriere! Die durch etwas Blut schwach rötlich gefärbte Flüssigkeit wird erhitzt. Sie trübt sich, wird grau, denn der Blutfarbstoff verändert sich in der Hitze, und es scheiden sich zahlreiche Flocken aus. Fleisch enthält **Eiweiß.** Setzt man also zur Herstellung von Fleischsuppe das Fleisch mit **kaltem Wasser** auf das Feuer, so scheidet sich bald als grauer Schaum das geronnene Eiweiß aus. Leider wird dieser wertvolle Nahrungsstoff durch Abschäumen entfernt.

Lege gehacktes Fleisch in einen Kochbecher mit **siedendem Wasser**! Sofort wird das Fleisch grau, weil der Blutfarbstoff verändert wird. Die Flüssigkeit bleibt klar: es scheidet sich nur ganz wenig oder gar kein Eiweiß aus. Das Eiweiß an der Oberfläche kam nämlich sofort zum Gerinnen, verstopfte die Poren des Fleisches, und so konnte das Wasser den Rest des Stückes nicht auslaugen. Beim Braten bildet sich eine feste Kruste mit gleichem Erfolg. Der gute Geschmack der Suppe hängt von eigentümlichen, löslichen Stoffen ab, die außer dem Eiweiß noch im Fleisch enthalten sind.

Will man also gute Suppe und schlechtes Fleisch haben, so *setzt* man dasselbe mit kaltem Wasser an.

Will man eine schlechte Suppe, aber gutes Fleisch haben, so *setzt* man es mit siedendem Wasser an.

Wie schützt man Fleisch vor der Verwesung? Dörren, Räuchern, Einpökeln, Abkühlen. — Warum soll man kein rohes Fleisch genießen (Finnen, Trichinen)? — Welche Bedeutung hat das Büchsenfleisch? — Wie läßt sich nachweisen, daß Fleisch Kohlenstoff, Wasserstoff, Schwefel enthält?

§ 119. Im Keller.

a) **Kartoffeln.** 1. Im dunkeln Keller bewahrt man die Kartoffeln auf; ihre Knollen liefern ein gutes Nahrungsmittel. Wenn man Kartoffeln, die schon längere Zeit im Keller liegen, untersucht, so findet man, daß die innere Masse immer noch sehr saftreich ist. Um zu erfahren, warum die Kartoffeln so lange saftreich bleiben, wählt man zwei Knollen von gleicher Größe und bestimmt ihr Gewicht, nachdem die eine von ihrer Schale befreit worden ist. Nach einigen Stunden wiegt man sie abermals und man wird finden, daß die ungeschälte Knolle an Gewicht nichts verloren hat, während die geschälte wesentlich leichter geworden ist. Die Schale schützt den Knolleninhalt vor dem Verdunsten.

Fig. 332.

2. Was enthält nun die Kartoffel? Zunächst Wasser, wie eben bewiesen worden ist, und zwar rund $^3/_4$ ihres Gewichtes. — Zerreibt man eine geschälte Kartoffel auf einem Reibeisen und preßt man die lockere Masse unter Wasser aus, so sieht man das Wasser sich weiß färben, während schließlich in dem Leinenbeutel ein weißlicher Stoff übrig bleibt, der bald an der Luft rötlich wird. Dieser Stoff ist **Zellulose** oder Holzstoff; die Farbenveränderung rührt von einem eigentümlichen Farbstoff her, der in den Knollen enthalten ist. — Das Wasser hat sich unterdessen beinahe geklärt; auf dem Boden des Gefäßes hat sich ein weißes Pulver abgesetzt. Das Mikroskop zeigt, daß dieses Pulver aus länglichen, blätterigen Körnern besteht. (Fig. 332.) Ein Tropfen Jodtinktur färbt diese Körner tief blau: es sind **Stärkemehlkörner.**

Wodurch unterscheiden sie sich von den Stärkemehlkörnern des Weizens? — Wie bereitet man Kleister? — Merke: Die Kartoffeln enthalten $^1/_5$—$^1/_6$ ihres Gewichtes an Stärkemehl. Im Weizenmehl befinden sich unter 1000 *g* 510 *g* Stärke; Bohnen und Erbsen haben einen Stärkegehalt von 540 *g* unter 1000 *g*. — Tröpfle etwas Jodtinktur auf eine Kartoffelscheibe! Erkläre die Färbung!

3. Das Wasser, aus dem sich die Stärke abgesetzt hat, wird filtriert und in einer Kochflasche erhitzt. Nach und nach scheiden sich weiße Flocken aus, die man durch Filtrieren sammelt, trocknet und in einem Löffel stark erhitzt. Es entwickelt sich ein übelriechendes Gas: die Kartoffeln enthalten wie Weizen, Erbsen, **Eiweiß.**

Merke! Die Kartoffeln enthalten sehr wenig Eiweiß, höchstens 2%, während der Gehalt an Eiweiß beim Weizenmehl 7%, bei den Hülsenfrüchten sogar 23% beträgt. Die Kartoffeln haben wenig Nährwert.

4. Alte Kartoffeln, die im Keller Triebe, fälschlich Keime genannt, entwickeln, schmecken süß. Der Frost bewirkt dieselbe Erscheinung. Der Stärkemehlgehalt nimmt immer mehr ab, je mehr **Zucker** sich bildet. Wir sehen daraus, daß in den Pflanzen unter gewissen Bedingungen Stärke in Zucker verwandelt wird.

Unreife Kartoffeln und solche, die Triebe zeigen, sind der Gesundheit schädlich. Sie haben geringen Stärkegehalt und sind nach dem Kochen wässerig und schwer verdaulich. Gekeimte Kartoffeln enthalten ein Gift; deswegen ist das Wasser, in dem sie gekocht werden, mehrmals zu erneuern. — Gute Kartoffeln haben eine

weiße Schnittfläche. Tritt beim Drücken Wasser in Tröpfchen aus, so ist die Kartoffel wässerig, also schlecht. Reibt man die Schnittflächen zweier Kartoffeln aufeinander, so ist die Kartoffel gut, wenn die Flächen aneinander haften und ein weißer, dicker Schaum an den Rändern austritt.

b) **Wein.** 1. Die Weintrauben enthalten, wie alles reife Obst, Zucker. Der Most ist auch zunächst süß. Wie entsteht daraus ein berauschendes Getränk, das keine Spur von Zucker mehr enthält?

In eine Gasentwicklungsflasche bringt man Zuckerwasser und setzt ein wenig Hefe dazu. Ein in dem Kork steckendes Thermometer taucht in die Flüssigkeit, während das Gasableitungsrohr in einen leeren Zylinder führt. Nach einiger Zeit steigen Bläschen auf, das Thermometer zeigt eine höhere Temperatur an, im Zylinder hat sich Kohlensäure (Beweis!) angesammelt, in der Flasche riecht es nach Spiritus oder Branntwein. Diesen Vorgang nennt man **Gärung.** Die Hefe (Gärungspilze) verursacht einen chemischen Vorgang; der Zucker wird zerlegt in **Alkohol** oder **Weingeist** und in **Kohlensäure.**

2. Die mikroskopischen Hefepilze schweben überall in der Luft; sie gelangen in den süßen Most und bewirken die Gärung desselben. Warum darf ein Gärfaß nicht luftdicht verschlossen sein?

Der Wein ist anfangs noch trüb. Nach einiger Zeit hört die Gärung auf, der Wein wird allmählich klar. Erst nach Jahren erhält er seine volle Güte: Stärke, Geschmack, Geruch (Bouquet).

Die weißen, grünlichen und rötlichen Trauben liefern Weißwein. In den Schalen der dunkelblauen Trauben ist ein roter Farbstoff enthalten, den der Alkohol auflöst: es entsteht Rotwein. — Filtriere Rotwein mit Knochenkohle!

Tröpfle in Wein (besonders guten Rotwein) ein wenig Eisenchlorid. Es entsteht eine schwärzliche Färbung: im Wein ist **Gerbsäure** enthalten.

Die Fässer, welche Wein enthalten, müssen gut verschlossen sein. Warum? — Auf der Oberfläche des Weines entsteht ein weißer Pilz (Kahmpilz), der die Güte des Weines vermindert. In vollen Fässern kann er sich nicht entwickeln. — Nach Norden liegende Keller sind vorzuziehen, weil in warmen Kellern der Wein leicht verdirbt. — Geleerte Fässer werden mit klarem Wasser sorgfältig gereinigt. — Nach dem Reinigen müssen sie vor dem Schimmeln bewahrt werden. Wie geschieht dies? — Gefüllte Flaschen, die längere Zeit aufbewahrt werden sollen, müssen luftdicht mit versiegelten oder verkapselten Pfropfen verschlossen sein. — Die Flaschen müssen liegend aufbewahrt werden. Warum?

Wo wächst in Deutschland viel Wein? Welche Gegenden sind durch ihre Weine berühmt? Welche außerdeutschen Länder sind berühmte Weinländer?

c) **Bier.** Das Hauptgetränk in Deutschland ist das hell- oder dunkelbraune, schäumende, erfrischende Bier. Da es berauschend wirkt, so muß Alkohol darin enthalten sein. Dieser entsteht aber nur aus zuckerhaltigen Stoffen, also muß auch Bier aus Zucker hergestellt werden. Diesen Zucker findet man in der keimenden Gerste (**Malz**). Zerkaut man einige Malzkörner, so schmeckt man den Zucker.

Das Gerstenkorn enthielt ursprünglich Stärkemehl. In § 118, *c*) 3 und § 119, *a*) 4 ist gezeigt worden, daß aus Stärke leicht Zucker hergestellt werden kann. Auf ganz natürliche Weise entwickelt sich dieser Vorgang auch beim Keimen der Getreidekörner.

Ist der größte Teil des Mehles im Gerstenkorn in Zucker verwandelt, so wird durch rasches Dörren über Feuer der Keim getötet. Das grob gemahlene Malz kommt in die Brauerei. Hier wird es mit Wasser gekocht, und so entsteht eine Lösung von Gerstenzucker, die Würze. In diese bringt man Hopfenzapfen, welche einen bitteren, angenehm schmeckenden Stoff, das Lupulin, enthalten. Jetzt wird die Würze abgekühlt, in große Bottiche gegossen und durch Zusatz von Hefe zum Gären gebracht. In riesigen Fässern läßt man dann das Bier in kühlen Kellern ablagern.

d) **Spiritus und Essig.** 1. Die in *b*) 1 nach der Gärung erhaltene Flüssigkeit hat einen angenehmen Geruch und schmeckt nicht mehr süß. Wird sie nun in eine Retorte gebracht und destilliert, so verdichten sich die zuerst aufsteigenden Dämpfe in der Vorlage zu einer klaren und brennbaren Flüssigkeit, **Spiritus** genannt. Setzt man die Destillation fort, so steigen immer mehr Wasserdämpfe auf; siedet das Wasser endlich in der Retorte, so erhält man in der Vorlage nur noch destilliertes Wasser.

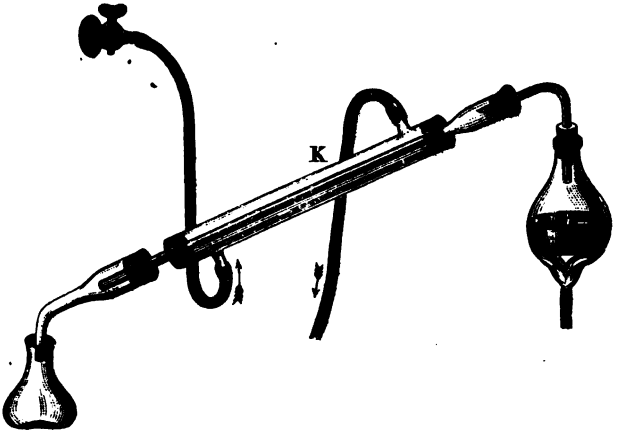


Fig. 333.

2. Der Spiritus (Alkohol) ist eine wasserhelle Flüssigkeit von aromatischem Geruch und berauschender Wirkung. Er brennt mit blauer nichtleuchtender Flamme. Gewisse Stoffe, wie Harze, Siegellack, flüchtige Öle, löst er leicht auf. Sein Siedepunkt liegt schon bei 70°, und deshalb läßt er sich durch Destillation vom Wasser trennen.

3. Da der Spiritus in der Industrie als Lösungsmittel gewisser Stoffe und auch als Brennmittel benutzt wird, stellt man ihn in großen Mengen her. Meistens gewinnt man ihn aus Kartoffelzucker (Glykose), der aus dem Stärkemehl der Kartoffeln bereitet wird.

Alle geistigen Getränke, Wein, Bier, Branntwein, enthalten mehr oder minder Spiritus. — Branntwein bereitet man aus Wein (Kognak), aus Obst (Kirsch), aus Roggen (Korn). — Wird er in größerer Menge öfters genossen, so ist er eines der gefährlichsten Gifte für den menschlichen Körper (Alkoholismus).

4. Der in der Küche viel gebrauchte **Essig** wird meistens aus Spiritus gewonnen. Er besteht aus einer Mischung von Essigsäure und Wasser. Läßt man Wein, Bier oder verdünnten Spiritus einige Wochen an einem warmen Orte stehen, so werden diese Flüssigkeiten sauer durch Aufnahme von Sauerstoff.

Essigfabrikation. Ein großes Faß (Fig. 334) ist mit buchenen Hobelspänen angefüllt, über welche man verdünnten Spiritus rieseln

Fig. 334.

läßt; durch die seitlichen Öffnungen bei *o* tritt reichlich Luft in das Innere. Der Spiritus breitet sich auf den Spänen aus, bietet dem Sauerstoff eine große Oberfläche dar und wird zu Essig oxydiert, der ungefähr 5% Essigsäure enthält. — Sehr guter Essig wird aus Wein bereitet.

Gib zwei essigsaure Salze an! — Verwendung des Essigs in der Haushaltung.

Zur Herstellung von Essig verwendet man heutzutage auch häufig **Essigessenz**, die 50 bis 80% Essigsäure enthält und deshalb vor dem Gebrauch stark mit Wasser verdünnt werden muß. Sie wird folgendermaßen gewonnen: so wie die Steinkohlen zur Gewinnung von Leuchtgas in Retorten trocken destilliert werden, kann man auch Holz behandeln. Man erhält bei diesem Verfahren ebenfalls Leuchtgas und Teer; aber statt des Ammoniaks entsteht eine saure Flüssigkeit, die Essigsäure enthält und Holzessig heißt. Aus diesem Holzessig gewinnt man die Essigsäure, die dann mit Wasser verdünnt als billige Essigessenz in den Handel kommt. Die dunkle Färbung kommt von kohligen Bestandteilen, die von der Gewinnung des Holzessigs her der Flüssigkeit noch beigemischt sind.

§ 120. In der Waschküche.

a) **Seife.** 1. Das gewöhnliche Wasser ist ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für viele Stoffe; aber es versagt, wenn es sich darum handelt, Fette zu entfernen. Unsere Haut wird durch ein besonderes Fett, welches durch die kleinen Talgdrüsen in derselben ausgesondert wird, geschmeidig erhalten. Dieses Fett wird durch die Leibwäsche aufgesogen; zu ihrer Reinigung reicht bloßes Wasser nicht aus, man muß **Seife** verwenden.

2. Man kocht Talg mit Natronlauge (Natriumoxyd). Bald bildet sich eine Decke von fester Seife, während der untere flüssige Teil aus dem ölartigen, süßlich schmeckenden **Glyzerin** besteht: **Seife ist demnach stearinsaures** (fettsaures) **Natrium.** Jedes Fett besteht aus einer Fettsäure (Olein-, Palmitin- oder Stearinsäure) und Glyzerin.

Wendet man Kali (Kaliumoxyd) an, so erhält man eine dickflüssige Seife, die **Schmierseife.**

Die größte Menge der Seife gewinnt man jetzt aus Kokosnuß- und Palmöl.

Ihre Fette lösende Wirkung zeigt die Seife nur, wenn sie in kalkfreiem (weichem) Wasser gelöst ist; im harten Wasser bildet sie unlösliche Kalkseife. — Um weiches Wasser aus hartem zu erhalten, kocht man das letztere längere Zeit oder setzt Soda hinzu. — Quellen und Bäche im Sandsteingebirge haben weiches Wasser.

Wozu verwendet man Schmierseife? — Die der Seife beigemischten Farbstoffe erhöhen nicht ihre Wirkung. — Wozu gebraucht man Glyzerin?

b) **Chemische Reinigung.** 1. **Obstflecken** entfernt man mit schwefeliger Säure. Anzünden von Schwefel unter dem angefeuchteten Wäschestück. — Gründlicher beseitigt man sie, indem man sie mit einer Lösung von Chlorkalk auswäscht. Da Chlor die Faser zerstört, so darf man den Chlorkalk nur ganz kurze Zeit einwirken lassen und muß dann mit viel Wasser abspülen.

2. **Fettflecken** werden am leichtesten mit Benzin beseitigt. Nimm diese Reinigung nie bei Licht vor, denn Benzin verdampft sehr leicht, und die Dämpfe können beim Entzünden lebensgefährliche Explosionen verursachen.

3. **Stearinflecken** werden mit einem Stück Fließpapier bedeckt und ausgebügelt. Das flüssige Stearin wird vom Papier aufgesogen.

4. Als bestes Reinigungsmittel für **Farb-** und **Teerflecken** dient Terpentinöl.

5. **Tinte-** und **Rostflecken** kann man dadurch vernichten, daß man sie mit einer Auflösung von Oxalsäure in Wasser betupft. Auch Zitronensäure leistet gute Dienste. Oxalsäure ist giftig!

6. **Anilin-** und **Grasflecken** werden am besten durch Spiritus beseitigt; auch Weinsteinsäure leistet gute Dienste.

7. Die roten **Säureflecken** müssen sofort nach ihrem Erscheinen mit Ammoniak ausgewaschen werden.

§ 121. Die Kleidung.

a) **Pflanzenfasern.** 1. Hanf (Fig. 335) und Flachs (Fig. 336) sind die beiden Pflanzen, aus deren Fasern Leinen hergestellt wird. Zerbricht man einen getrockneten Hanfstengel, so findet man unter der grauen Rinde lange, glänzende Fasern. Durch Brechen und Zerquetschen der Stengel werden diese Fasern von den holzigen Teilen befreit. Nachher werden sie versponnen und verwebt.

2. Wichtiger als Hanf und Flachs ist die Baumwollstaude als fasernliefernde Pflanze. Die weichen langen Fäden sitzen an den Samen in einer Kapsel, welche bei der Reife aufspringt. Die herausquellenden Bällchen werden gesammelt, von den Samen befreit und dann versponnen und verwebt. (Fig. 337.)

Eine solche Pflanzenfaser besteht aus **Zellulose**, die weder im Wasser noch in Alkohol löslich ist. Sie ist das Skelett der Pflanze, gibt ihr also Form und Festigkeit. Weich und leicht verdaulich finden wir sie in den jungen Blättern und Stengeln, in dem Fleisch unseres Obstes; hart und unverdaulich im Holze, Stroh, in der Kleie, in den Schalen der Nüsse, im Gehäuse des Steinobstes.

3. Erhitze Sägemehl, Baumwolle oder andere Pflanzenfasern in einer Retorte mit Ableitungsrohr! Leuchtgas, ein Kohlenwasserstoff, entwickelt sich, während schwarzer Kohlenstoff zurückbleibt.

Fig. 335. Hanf.

a Pflanze mit Staubblüten, verkl., *b* Pflanze mit Stempelblüten, verkl., *c* Staubblüte, *d* Stempelblüte, *e* Stempel, *f* Frucht, *g h* Durchschnitt derselben, vergr.

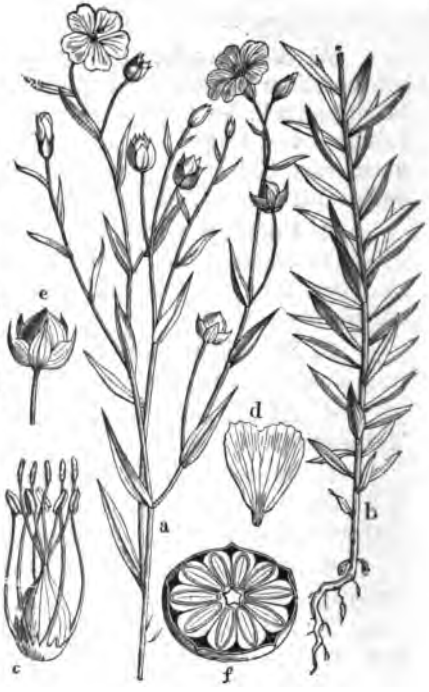


Fig. 336. Lein.

a b Pflanze, verkl., *c* Staubblätter und Stempel, vergr., *d* Blumenblatt, *e* Fruchtkapsel, *f* dieselbe durchschnitten, vergr.

Tauche einen Holzspan in Schwefelsäure, in Salpetersäure und gib die beobachtete Veränderung an!

4. Aus Zellulose wird auch das **Papier** hergestellt. Früher nahm man dazu nur Leinenfasern. Die heutige kolossale Verwendung des Papieres zwang aber den Papierfabrikanten, einen Ersatz für die teuere und nicht ausreichende Pflanzenfaser zu suchen; er fand ihn in der Zellulose des Strohes, des Alfagrases und ganz besonders des Holzes.

Die Leinwand- oder Baumwollappen und das Holz werden durch geeignete Maschinen in einen Brei verwandelt, der durch Chlor gebleicht wird. Dieser Brei fließt ununterbrochen auf ein feines Metallsieb, welches als endloses Band um zwei Rollen geführt ist, und durch dessen Öffnungen das Wasser abtropft. Das Metallsieb gibt den schon ziemlich zusammenhängenden Stoff an ein breites Filzband ab. Hier wird zur Verminderung der Porosität der Papierstoff geleimt, d. h., man führt ihn durch eine Lösung von Alaun und Leim. Dann gelangt der unendliche Streifen zwischen geheizte Walzen, wo er getrocknet und geglättet wird.

Pergamentpapier erhält man, wenn man ungeleimtes Papier einige Sekunden lang in eine erkaltete Mischung von 8 Teilen Schwefelsäure und 1 Teil Wasser taucht. Es wird sofort mit reinem Wasser aus-

gewaschen, und das Papier ist jetzt durchscheinend und unporös geworden. Wegen seiner Undurchlässigkeit, seiner Haltbarkeit und seiner Eigenschaft, im Wasser weich zu werden und aufzuquellen, dient es zum luftdichten Verschließen von Einmachgläsern.

b) Tierische Fasern. 1. Zur Herstellung von Kleidern kommen nur Seide und Wolle in Betracht.

Unter dem Mikroskop erkennt man leicht den großen Unterschied zwischen Baumwoll-, Leinen-, Seiden- und Wollfasern. Die Baumwollfaser *A* ist ein flaches, gedrehtes Band, die Leinenfaser *B* ein runder, spindelförmiger, an einzelnen Stellen zerschlitzter Faden, die Seidenfaser *D* ein glatter, glänzender und massiver Zylinder, während die Schafwolle *C* dicke Zylinder zeigt, die an ihrer Oberfläche mit kleinen Schuppen bedeckt sind. (Fig. 338.)

Fig. 337. Baumwollstaude.

a Blütenzweig, verkl., *b* Stempel mit den Fruchtknoten, *c* aufgesprungene Kapselfrucht, verkl., *d* Same mit denselben umgebenden Haaren, verkl.

Auch chemisch unterscheiden sich pflanzliche und tierische Fasern voneinander; denn die letzteren verbreiten beim Verbrennen den höchst unangehmen Geruch, den man auch beim Verbrennen von Eiweiß wahrnimmt, während die pflanzlichen

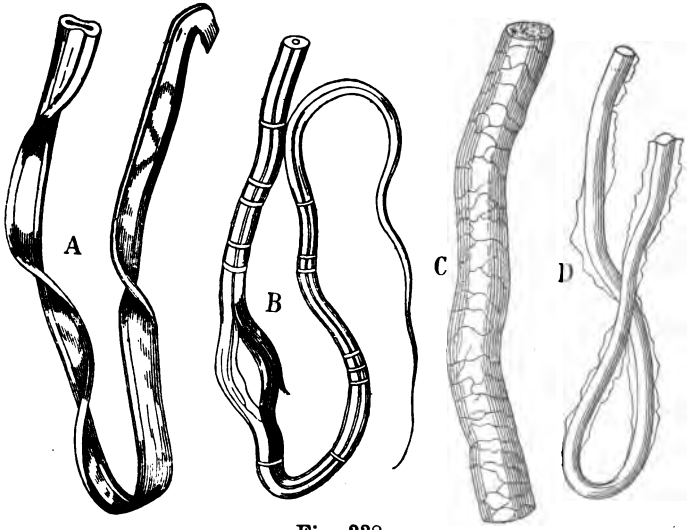


Fig. 338.

Fasern beim Verbrennen an den Geruch von angebranntem Papier erinnern.

2. Die **Seide** ist die schönste aller Gespinstfasern und zeichnet sich durch Haltbarkeit und prachtvollen Glanz aus. Sie ist das Erzeugnis der Seidenraupen, die in ihren Spinndrüsen aus dem Nahrungsstoffe (Maulbeerblätter) den Spinnstoff bereiten. Das eiförmige Gespinst, das die Raupe um ihren Körper herum anlegt und in dem sie sich verpuppt, heißt **Kokon.** Der Seidenzüchter tötet die Raupen durch heiße Wasserdämpfe. Die Kokons kommen dann in einen Kessel mit kochendem Wasser, das den schützenden Leim löst, und durch Peitschen mit Ruten wird der Anfang des Fadens, der ungefähr 300 *m* lang ist, gesucht; denn da der Faden nicht mehr mit Leim verklebt ist, wickelt sich das freie Fadenende um die Rutenzweige. Die Kokons werden mit Maschinen abgehaspelt, dann versponnen und verwebt. Der Kokonfaden ist so dünn, daß zu 1 *kg* Rohseide 5000—6000 Kokons nötig sind. Daraus erklärt sich der hohe Preis der echten Seide.

Kunstseide. Dem Franzosen Chardonnet ist es nach langjährigen Versuchen gelungen, aus Baumwolle eine seidenähnliche Faser herzustellen. Legt man kurze Zeit gut gereinigte Baumwolle in ein Gemisch von konzentrierter Salpetersäure und Schwefelsäure, so erleidet scheinbar die Baumwolle keine Veränderung. Entzündet man aber die gut ausgewaschenen und getrockneten Fäden, so verbrennen sie blitzartig und können sogar explodieren. So veränderte Baumwolle heißt **Schießbaumwolle,** aus der man das heutige rauchschwache Pulver herstellt. Diese Schießbaumwolle ist in einer Mischung von Äther und Alkohol löslich, und man erhält einen dickflüssigen, an der Luft rasch erstarrenden Stoff, das **Kollodium,** das in der Chirurgie zum luftdichten Abschließen von Wunden gebraucht wird. Chardonnet preßte nun unter einem Drucke von 50 Atmosphären dieses Kollodium von einem verzinnten Stahlkessel aus durch sehr feine Glasröhrchen von $^{8}/_{100}$ *mm* lichter Weite. Die austretenden Fäden erstarrten sofort an der Luft und hatten ganz das Aussehen von echten Kokonsfäden. Diese Fäden werden dann zu einem dickeren Faden versponnen und durch Schwefelammonium denitriert, d. h. sie verlieren durch diese Behandlung die Fähigkeit blitzartig zu verbrennen. — Diese Chardonnetseide wird in großer Menge fabrikmäßig hergestellt und kommt als verhältnismäßig billiger, schöner Kleiderstoff, der sich gut färben läßt, in den Handel.

3. Wird Wolle versponnen und verwebt und nachher mit Wasser kräftig durchgearbeitet (Walken), so schieben sich die kleinen Schuppen so innig ineinander, daß man die einzelnen Fäden nicht mehr voneinander unterscheiden kann; das Gewebe ist verfilzt. Die pflanzlichen Fasern sowie die Seide haben diese Eigenschaft nicht; am fertigen Gewebe kann man die einzelnen Längs- und Querfäden (Kette und Einschlag) leicht unterscheiden.

4. **Kunstwolle.** Sind wollene Kleider durch vielfaches Tragen unbrauchbar geworden, so sind doch die Wollfasern noch nicht zerstört und können noch einmal zur Verwendung kommen, wenn das Wollgewebe

zerzupft wird. Man erhält dann die Wollfasern wieder, und diese können von neuem versponnen und verwebt werden. Wegen der Kürze dieser Fasern hat das Gewebe nicht die Haltbarkeit des ursprünglichen Tuches, dafür ist es aber bedeutend billiger als dieses.

In vielen Geweben ist nun Wolle mit Baumwolle vermengt. Die Gewebe aus Kunstwolle dürfen aber nur aus reiner Wolle bestehen, weil Wolle und Baumwolle sich nicht gleichmäßig färben lassen. Ein Versuch zeigt, wie man die beiden Stoffe trennt. Man legt einige Zeit Woll- und Baumwollfäden in verdünnte Schwefelsäure und trocknet sie nach dem Herausnehmen aus der Flüssigkeit. Die Baumwollfäden sind fast vollständig verkohlt und lassen sich zerreiben, so daß sie als Staub wegfallen. Ebenso verfährt man bei der Herstellung der Kunstwolle, um reine Wolle zu erhalten.

c) **Leder.** Die tierischen Häute werden zunächst längere Zeit in fließendes Wasser gelegt, um die Fetteilchen zu entfernen und um eine Lockerung der Oberhaut und der Lederhaut herbeizuführen. Mit stumpfen Messern entfernt nun der Gerber die Oberhaut mitsamt den Haaren; die übrig bleibende Lederhaut kommt in tiefe Gruben, welche mit Lohe und Wasser angefüllt sind. — In der Lohe (gemahlene Eichenrinde) ist **Gerbsäure** enthalten, und diese verwandelt die Haut in Leder. Sich selbst überlassen, wird eine tierische Haut runzlich und hornig; in feuchtem Zustande geht sie ziemlich schnell in Fäulnis über, weil sie Mengen von Leim und eiweißartigen Stoffen enthält. Gerbsäure geht aber mit Leim und eiweißartigen Stoffen unlösliche Verbindungen ein, wie sich leicht nachweisen läßt, wenn man in Fleischbrühe oder in eine wässerige Lösung von Eiweiß Gerbsäure gießt. Die unlöslichen Verbindungen widerstehen der Fäulnis.

Weise mit Eisenvitriol nach, daß in der Lohe Gerbsäure enthalten ist! — Im Kaffee und Tee ist Gerbsäure enthalten. Milch in Kaffee oder Tee gerinnt und wird schwer verdaulich. — Ist es ratsam, gleich nach dem Mittagessen eine Tasse starken Kaffees zu trinken? — Am meisten Gerbsäure (Tannin) ist in den Galläpfeln enthalten. — Verwendung des Leders.

d) **Kautschuk.** 1. Über die Lederschuhe ziehen wir bei nassem Wetter Gummischuhe; ein Gummimantel schützt unsere Kleider auch bei dem stärksten Regen. Gummi oder Kautschuk zeichnet sich besonders dadurch aus, daß er für Wasser unporös ist; längere Zeit hindurch kann er sogar zu luftdichten Abschlüssen gebraucht werden. Seine große Elastizität, seine Unlöslichkeit im Wasser, sein schlechtes Leitungsvermögen für Elektrizität haben den Kautschuk zu einem wertvollen Stoff gemacht.

2. Frische Schnittflächen verkleben leicht, und deshalb kann man Röhren daraus verfertigen. Er ist sehr leicht in Schwefelkohlenstoff löslich. In einer Mischung von Schwefelkohlenstoff und Alkohol wird sein Gefüge gelockert; er quillt auf und kann dann leicht mit Schwefel vermischt werden. Schwefelhaltiger (**vulkanisierter Kautschuk**) bezitzt hohe Elastizität und wird zu Röhren, Radreifen, Radiergummi, Gummischuhen, wasserdichten Kleidern usw. verarbeitet. Aus diesem Kautschuk wird bei

höherer Temperatur hornisierter Kautschuk, auch **Hartgummi**, Ebonit genannt, der mit Elastizität große Härte und Politurfähigkeit verbindet (Kämme, elektrische Apparate, Kegelkugeln usw.).

Kautschuk läßt sich entzünden und verbrennt dann mit leuchtender, stark rußender Flamme wie Petroleum: Kautschuk ist fester **Kohlenwasserstoff.**

3. Aus den Wunden mancher Bäume (Tannen, Kiefern, Lärchen) fließt ein klebriger Stoff heraus, der an der Luft erhärtet: das **Harz.** Ein solches Harz ist auch der Kautschuk, der aus verschiedenen Bäumen in der heißen Zone gewonnen wird. Ein bekannter Kautschuk liefernder Baum ist der auch bei uns in Zimmern gehaltene Gummibaum (Ficus elastica). — Kautschuk ist ein weißes Harz, das wie dickliche Milch aus den Wunden der Bäume fließt und in Gefäßen aufgefangen wird, in denen es erstarrt.

In Küche und Keller, am Schreibtisch wie an der gedeckten Tafel, im Hause wie draußen in der freien Natur, überall begegnet man organischen Stoffen. Unser Körper selbst mit allen seinen Organen baut sich aus Stoffen auf, die man als organische Verbindungen bezeichnet. Wie mannigfaltig diese Verbindungen auch sein mögen, im wesentlichen bestehen sie alle doch nur aus den vier bekannten Elementen: Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenstoff. Dieses letztere Element fehlt in keiner organischen Verbindung; es ist unbedingt zum Aufbau lebender Körper nötig, und deshalb kann man die organische Chemie mit Recht **Chemie des Kohlenstoffes** nennen.

YC 11474

QC22
M4

218448

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE STAMPED BELOW

AN INITIAL FINE OF 25 CENTS
WILL BE ASSESSED FOR FAILURE TO RETURN THIS BOOK ON THE DATE DUE. THE PENALTY WILL INCREASE TO 50 CENTS ON THE FOURTH DAY AND TO $1.00 ON THE SEVENTH DAY OVERDUE.

AUG 30 19[illegible]

SEP[illegible]